

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA
KUNTH, SOMETIDA A LA ACCIÓN DE RAYOS ULTRAVIOLETA Y
CONTAMINANTES QUÍMICOS (OZONO, ÓXIDO DE AZUFRE, ÓXIDO DE
NITRÓGENO) EN FUNCIÓN DEL TIEMPO, PARA APLICACIONES
ESTRUCTURALES**

JAIR RODRÍGUEZ GONZÁLEZ
Código 505352

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ
2020**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA
KUNTH, SOMETIDA A LA ACCIÓN DE RAYOS ULTRAVIOLETA Y
CONTAMINANTES QUÍMICOS (OZONO, ÓXIDO DE AZUFRE, ÓXIDO DE
NITRÓGENO) EN FUNCIÓN DEL TIEMPO, PARA APLICACIONES
ESTRUCTURALES**

JAIR RODRÍGUEZ GONZÁLEZ
Código 505352

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

Docente Asesor
MSc. Carlos Julio Cartagena Linares

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ
2020



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de Aceptación

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, Diciembre, 2020

DEDICATORIA

El autor de este trabajo de grado, en gran parte satisfecho por los logros obtenidos dedica este logro en primera instancia a:

Dios, Padre Todo Poderoso y Santo Cristo de Ubaté, por guiarme y darme sabiduría, valor y firmeza en esta etapa final.

A mis progenitores, quienes con sacrificio y perseverancia manifestaron siempre su apoyo incondicional, no solo en el aspecto económico sino también en el apoyo anímico, en los momentos difíciles donde se evidenciaba perder el rumbo.

A sí, mismo a familiares y amigos, que con su colaboración y respaldo manifestaron su voto de confianza en este proceso de aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

Con verdadero reconocimiento y aprecio, por la dirección y organización del presente proyecto:

AIMSc. Carlos Julio Cartagena Linares, Asesor trabajo de grado por su oportuna y destacada colaboración.

Gracias a la Universidad Católica de Colombia por darme la oportunidad de permitirme formarme en Ingeniería Civil, profesión que tanto había soñado y anhelaba ser profesional, de esta manera poder servir a la comunidad y en pro de aportar al progreso de mi país, de igual manera gratitud total y en especial a todos los allegados que participaron de una u otra manera en este conjunto de procesos donde puedo incluir directivos, docentes, compañeros de estudio que durante varios años compartieron su conocimiento académico en mi formación como persona, como profesional y poder alcanzar la culminación de un proceso académico.

CONTENIDO

	PÁG.
INTRODUCCIÓN.....	13
1. GENERALIDADES.....	15
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.	15
1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.1.3 ÁRBOL DE PROBLEMAS.....	17
2. ANTECEDENTES	19
2.1 MORFOLOGÍA DE LA GUADUA.....	21
2.1.1 APROVECHAMIENTO DE LA GUADUA.	22
2.1.2 PASOS A SEGUIR PARA UN BUEN APROVECHAMIENTO	23
2.2 PRESERVACIÓN DE LA GUADUA.....	25
2.2.1 SUSTANCIAS Y MÉTODOS DE PRESERVACIÓN.....	25
2.3 VENTAJAS DEL USO DE LA GUADUA EN LA CONSTRUCCIÓN	25
2.4 DESVENTAJAS DEL USO DE LA GUADUA EN LA CONSTRUCCIÓN	26
2.4.1 PROBLEMAS INTERNOS.	27
2.4.2 PROBLEMAS EXTERNOS.....	27
2.5 PROPIEDADES DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA CONSTRUCCIÓN	28
2.5.1 PROPIEDADES FÍSICAS.....	28
3. JUSTIFICACIÓN	29
4. MARCO DE REFERENCIA	31
4.1 MARCO DE TEÓRICO.....	31
4.1.1 LA GUADUA.	31
4.1.2 INCONVENIENTES PROPIOS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH. .	35
4.1.3 CONTAMINANTES QUÍMICOS DE ESTUDIO.	36
4.1.4 RADIACIÓN ULTRAVIOLETA (U.V).	37
4.2 MARCO CONCEPTUAL	40
4.2.1 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA GUADUA.....	40

4.2.1.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA A LAS FIBRAS.	40
4.3 MARCO LEGAL	41
5. ESTADO DEL ARTE	45
5.1 INVESTIGACIÓN DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA Y SU USO CONSTRUCTIVO EN LA ACTUALIDAD	45
5.2 INVESTIGACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA	46
5.3 INVESTIGACIÓN DE LA AFECTACIÓN DE LOS RAYOS ULTRAVIOLETA EN LA GUADUA ANGUSTIFOLIA	47
6. OBJETIVOS	49
6.1 OBJETIVO GENERAL.....	49
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	49
7. ALCANCES Y LIMITACIONES	50
7.1 ALCANCE	50
7.2 LIMITACIONES	50
8. METODOLOGÍA.....	52
8.1 TIPO DE ESTUDIO	52
8.2 FUENTES DE INFORMACIÓN	52
8.3 DISEÑO METODOLÓGICO Y MATERIALES	52
8.4. DESARROLLO DEL DISEÑO METODOLÓGICO (PRIMERA FASE)	52
8.4.1 ETAPA UNO. (CONCEPTUAL).....	52
8.4.2 ETAPA DOS. (METODOLOGÍA).....	53
8.5 SEGUNDA FASE (PROYECTO FINAL).....	54
8.5.1 ETAPA UNO.	54
8.5.1.1 ANÁLISIS DOCUMENTAL.	54
8.5.1.2 TIEMPO DE DESARROLLO.	54
8.5.2 ETAPA DOS PROCESO EXPERIMENTAL	54
8.5.2.1 ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH.	54
8.5.2.2 PREPARACIÓN DE LA CÁMARA DE EXPOSICIÓN DE RAYOS ULTRAVIOLETA.....	61
8.6 ETAPA TRES	62
8.6.1 CONSTRUCCIÓN DE RESULTADOS PROCESO DEL VISUAL POST- CÁMARA DE RAYOS ULTRAVIOLETA.	62

8.6.2 PATOLOGÍAS ENCONTRADAS DESPUÉS DEL PROCESO EN LA CAMARA DE RAYOS UV.	63
8.6.3 MATRIZ DE COMPARACIÓN DE RESULTADOS VISUALES.....	65
8.6.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN VISUAL.	82
8.7. PROCESO DESARROLLADO EN EL ENSAYO A COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS.....	83
8.7.1 MATRIZ DE COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO DEL ENSAYO A COMPRESIÓN.	85
8.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS DESPUÉS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN...89	
8.8.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS	90
9. CONCLUSIONES.....	94
10. RECOMENDACIONES.....	96
11. BIBLIOGRAFÍA.....	97
12. ABREVIATURAS	103
13. GLOSARIO	104
14. ANEXOS	107

LISTA DE TABLAS

	pág.
TABLA 1. GENEALOGÍA DE LA GUADUA.....	22
TABLA 2. RELACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA PARA FABRICAR DIFERENTES MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	26
TABLA 3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH...	28
TABLA 4. GUADUALES NATURALES Y PLANTADOS EN COLOMBIA.....	31
TABLA 5. APROVECHAMIENTOS FORESTALES PARA GUADUA REALIZADOS EN LOS DEPARTAMENTOS REFERENCIADOS PARA EL CENSO OCUPACIONAL, SEGÚN CAR.....	33
TABLA 6. CLASIFICACIÓN GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH.....	35
TABLA 7. RELACIÓN DE ALGUNAS INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON LA INVESTIGACIÓN.....	38
TABLA 8. NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS MÁS IMPORTANTES APLICADAS A LA INVESTIGACIÓN.....	39
TABLA 9. LEGISLACIÓN VIGENTE QUE APLICA A LA INVESTIGACIÓN.....	41
TABLA 10. RELACIÓN DE EQUIPOS, HERRAMIENTA MENOR Y MATERIALES.....	54
TABLA 11. COMPARATIVO DE PROBETAS EL ANTES Y EL DESPUES (CONTAMINANTES QUIMICOS).....	63
TABLA 12. PATOLOGÍA RELACIONADA.....	64
TABLA 13. ANÁLISIS DE LA INSPECCIÓN VISUAL DE LAS PROBETAS DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH DÍA CERO (0).....	65
TABLA 14. ANÁLISIS DE LA INSPECCIÓN VISUAL DE LAS PROBETAS DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH DÍA SIETE (7).....	68
TABLA 15. ANÁLISIS DE LA INSPECCIÓN VISUAL DE LAS PROBETAS DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH DÍA CATORCE (14).....	71
TABLA 16. ANÁLISIS DE LA INSPECCIÓN VISUAL DE LAS PROBETAS DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH DÍA VEINTIUNO (21).....	74
TABLA 17. ANÁLISIS DE LA INSPECCIÓN VISUAL DE LAS PROBETAS DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH DÍA VEINTIOCHO (28).....	77
TABLA 18. TABLA 18. MATRIZ DE COMPARACIÓN DE RESULTADOS (NTC5525).....	88
TABLA 19. ANÁLISIS DE RESULTADOS ESTADÍSTICO PROBETAS EN ESTADO NORMAL SIN CONTAMINANTE QUÍMICO.....	91
TABLA 20. ANÁLISIS DE RESULTADOS ESTADÍSTICO PROBETA CON EL CONTAMINANTE QUÍMICO OXIDO DE OZONO (NO).....	92
TABLA 21. ANÁLISIS DE RESULTADOS ESTADÍSTICO PROBETA CON EL CONTAMINANTE QUÍMICO OXIDO DE OZONO (O3).....	92
TABLA 22. ANÁLISIS DE RESULTADOS ESTADÍSTICO PROBETA CON EL CONTAMINANTE QUÍMICO OXIDO DE NITRÓGENO (SO3).....	93
TABLA 23. ANÁLISIS DE RESULTADOS ESTADÍSTICO CUANTIFICACIÓN GENERAL DE LAS PROBETAS.....	93

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Árbol del Problema	18
Figura 2. Árbol de Bambú.	19
Figura 3. Distribución continental de los Bambúes.	20
Figura 4. Anatomía de la guadua.	22
Figura 5. Corte de bambú en luna menguante.	24
Figura 6. Detalle Constructivo Guadua, Gobernación del Quindío, 2010.	29
Figura 7. Plantaciones de Guadua en Colombia.	32
Figura 8. Índice de la radiación UV.	38
Figura 9. Ensayo probeta a Compresión.	40
Figura 10. Identificación de probetas.	58
Figura 11. Laboratorio de prácticas.	58
Figura 12. Nomenclatura de identificación.	59
Figura 13. Identificación de probetas.	60
Figura 14. Aplicación de contaminantes químicos.	60
Figura 15. Cámara de envejecimiento prematuro.	61
Figura 16. Ensayo probeta a Compresión SO ₃	86
Figura 17. Ensayo probeta a Compresión O ₃	86
Figura 18. Ensayo probeta a Compresión Normal.	87
Figura 19. Ensayo probeta a Compresión NO.	87
Figura 20. Grafica de Esfuerzo vs Deformación.	89
Figura 21. Grafica de Esfuerzo vs Deformación.	91
Figura 22. Ficha internacional de seguridad SO ₃	107
Figura 23. Ficha internacional de seguridad O ₃	109
Figura 24. Ficha internacional de seguridad Ozono.	110
Figura 25. Árbol de Objetivos.	114

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXOS 1. FICHAS INTERNACIONAL DE SEGURIDAD.	107
ANEXOS 2. RESULTADOS DE LABORATORIO	112
ANEXOS 3. ÁRBOL DE OBJETIVOS	114
ANEXOS 4. COTIZACIÓN DE ENSAYOS UNIVERSIDAD NACIONAL CÁMARA DE ENVEJECIMIENTO PREMATURO.....	115

INTRODUCCIÓN

“La guadua fue descubierta por los aborígenes americanos que vivían en América antes de la llegada de los españoles y conquistadores. A esta planta la llamaban guadua o guafa y era utilizada para la fabricación de viviendas, puentes, balsas y herramientas artesanales”, como se emplea en la actualidad. No obstante, años más tarde, en 1822, “el botánico de origen alemán Karl Sigismund Kunth, después de realizar un pormenorizado estudio, dedujo que este bambú americano era único y atípico creando el género de Guadua y la especie Angustifolia Kunth”¹.

La Guadua Angustifolia Kunth por sus cualidades mecánicas, es en la actualidad uno de los materiales primordiales empleados en la industria del sector de la construcción de viviendas, puentes entre otros en algunas regiones de nuestro país Colombia, ya que cuenta con una anatomía única en su estructura interna entre las cuales tenemos la anatomía, la flexibilidad y la resistencia, la Guadua en general está siendo afectada por el constante cambio climático, debido a que se presenta el incremento de gases de efecto de invernadero en la atmosfera de nuestro planeta, destruyendo la capa de ozono y otros factores inducidos por el hombre en sus continuas actividades.

El trabajo de grado, que se desarrollo tiene como objetivo principal Analizar, Observar y Evaluar el comportamiento de la Guadua Angustifolia Kunth, cuando está sometida a la acción de los rayos ultravioleta, con elementos químicos contaminantes dentro de los que se encuentra el Ozono (O₃), Óxidos de Azufre, Óxidos de Nitrógeno(N₂O), los cuales fueron seleccionados por dos motivos específicos:

Primero, hacen parte de un proyecto de investigación de la Fase I, que desarrolla la facultad de ingeniería civil perteneciente a la Universidad Católica de Colombia y que tiene como nombre “Evaluación de los efectos de la radiación UV en la Guadua” Fase I.

Segundo, por su abundancia de estos contaminantes químicos en el ambiente, donde afecta directamente a la Guadua Angustifolia Kunth, debido a los notorios cambios climático ocurridos en los últimos años, ocasionando un continuo incremento de los gases de efecto invernadero en la atmosfera de nuestro planeta tierra, donde sobresale el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄), el ozono (O₃) y el dióxido de carbono (CO₂).

¹Arbeláez Arce, A. (2001). Investigaciones sobre guadua angustifolia kunth realizadas en Colombia (1950-2000). Medellín: Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia

Los contaminantes químicos seleccionados para este trabajo se encuentran de manera natural en la atmosfera, debido a las diferentes actividades que desarrollar el ser humano, el cual libera al ambiente una gran cantidad de químicos, gases y sustancias nocivas para el planeta tierra, desencadenando con mayor rapidez el efecto invernadero el cual se demuestra con el aumento de la temperatura en el planeta, influyendo directamente en el comportamiento de la lluvia y aumento o cambio de la temperatura , generando afectaciones a la Guadua Angustifolia Kunth y a diferentes especies con este efecto de invernadero.

“Los rayos Ultravioleta (UV) es el origen y el principal causante de la degradación de las superficies de madera y recubrimientos, la luz ultravioleta transmitida por el sol inicia reacciones fotoquímicas en la superficie (parte exterior) de la madera, ocasionando deterioros visibles como un cambio de color por degradación de la lignina y aumento de rugosidad de la superficie. La acción de esta degradación en la Guadua, tiene como resultados visibles: el cambio de matiz, la pérdida de brillo, craqueo o agrietamiento y amarillamiento. El cambio de color de la madera, se produce básicamente a una reacción de la superficie, no obstante, puede afectar de forma más profunda, por las reacciones derivadas de la degradación de la madera por luz ultravioleta en la superficie, se produce a profundidades de 0.05-2.5 mm por lo que afecta principalmente a la cara superficial y parte de la secundaria”².

Este proyecto de investigación inicialmente se estaba desarrollando desde el período I del 2020, con la colaboración de docentes especialistas en esta área y las prácticas se iban a desarrollar en el laboratorio de la Universidad Católica de Colombia de Bogotá, cuyo laboratorio cuenta con equipos apropiados para esta investigación, la investigación se debió complementar con la revisión de la literatura científica existente y que está a la mano de manera exhaustiva.

Se consulta información que está relacionada especialmente con los efectos que presenta la Guadua Angustifolia Kunth, cuando está expuesta a la acción de los rayos ultravioleta, así mismo, se realizó diferentes prácticas visuales para analizar, observar y evaluar las probetas cuando están expuestas a la acción de rayos ultravioleta (UV) con contaminantes químicos(el Óxido nitroso (N_2O), el ozono (O_3) y el Óxido de Azufre (SO_3))en función de tiempo y por último, se llevan la probetas no contaminadas y las contaminas a un laboratorio de pruebas, para realizar el ensayo a compresión y así poder alimentar la matriz de comparación (véase tabla 15).

²Ramírez Gálvez, C. f. (2019). Análisis de las propiedades mecánicas de la guadua expuesta y no expuesta a rayos UV mediante técnicas estadísticas. Universidad Católica de Colombia. Bogotá: Tesis de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Católica de Colombia.

1. GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA. Teniendo presente el impacto del crecimiento mundial de la población en las últimas décadas, es importante poder contar o buscar materiales alternativos con los que se puedan realizar proyectos de vivienda que sea ambientalmente agradable, renovable y biodegradable, con el propósito de disminuir el impacto ambiental.

La Guadua A.K. “es un material que en la actualidad es un excelente recurso renovable de rápido crecimiento y fácil manejo, Colombia es uno de los pocos países que cuentan con un material considerado biodegradable empleado en la construcción de viviendas”³, debido a sus excelentes condiciones mecánicas y físicas, como sismo resistencia, durabilidad, y belleza en su acabado exterior y los más importante que podemos resaltar es el bajo costo económico.

Adicionalmente en los últimos años se ha “incrementado de manera significativa los efectos de gases de invernadero en el plante tierra, ocasionando una gran afectación en la capa de ozono generando una inminente exposición a los rayos ultravioleta directamente los cuales ocasionan la fotodegradación de la lignina en la Guadua A.K, causando la rotura de las cadenas moleculares”⁴, esto aumenta la higroscopicidad de la guadua y el desfibrado ocasionando varios daños colaterales, con este trabajo se pretende analizar, evaluar el comportamiento de la Guadua Angustifolia Kunth, cuando está sometida a la acción de rayos ultravioleta y contaminantes químicos como el ozono, óxido de azufre, óxido de nitrógeno, en función del tiempo, para aplicaciones estructurales.

Sin embargo, no existen estudios suficientes donde se evalué la vida útil del material cuando se encuentra sometida a factores externos

1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. En Colombia, desde hace más de 300 años algunos habitantes se están beneficiando de la Guadua Angustifolia Kunth para uso de vivienda, solo después del terremoto de Armenia – Quindío en año 1999,

³Arias Restrepo, L. (2004). *El uso de la guadua como material para la construcción*. Obtenido de Periódico la Impronta: <https://guaduarybambu.es.tl/El-uso-de-la-Guadua-en-la-Construccion.htm>

⁴Parihar, P. (2015). Changing scenario in plant UV-B research: UV-B from a generic stressor to a specific regulator. *J. Photochem. Photobiol. B Biol.*, 153, 334-343.

se reconoció la importancia de su resistencia y posterior a la sacudida del sismo se observó, que un buen número de edificaciones se sostuvieron en pie por estar construidas con el llamado “macro bambú” frente a las edificaciones colapsadas, de tal forma se optaron medidas inmediatas en construir albergues temporales y más aún cuando fue la primera y única alternativa para sostener edificaciones afectadas por el movimiento telúrico, una vez empleado este material, la Corporación Autónoma Regional (C.A.R) del Quindío le erigió a esta especie nativa, “la Guadua Angustifolia Kunth, un centro exclusivo y único a nivel de Latinoamérica para su investigación y lo ha promulgado, dentro del contexto de desarrollo sociocultural, ambiental, y económico, como la más importante especie forestal de Colombia”⁵.

Es por ello, especialmente en el eje cafetero se han desarrollado investigaciones orientadas a buscar y analizar las cualidades de: flexibilidad, resistencia y la versatilidad del comportamiento de este elemento vegetal desde su cultivo hasta su uso final, la Guadua Angustifolia Kunth, está entre las veinte (20) mejores especies en el mundo, destacada por cumplir con excelentes propiedades físicas-mecánicas, entre otros.

En la gran mayoría de las construcciones realizadas con Guadua Angustifolia Kunth, se presentan elementos que están expuestos a la intemperie y al contacto directo de todos los agentes contaminantes del ambiente, sumándole que en los últimos años se ha “incrementado de manera significativa los efectos de gases de invernadero en el país y en general en el planeta tierra, que a su vez ocasiona y produce daños en la capa de ozono generando una inminente exposición a los rayos ultravioleta”⁶, se clasifica en tres (3) clases tenemos composición débil, composición normal y composición alta; “los rayos U.V ocasionan la fotodegradación de la lignina causando la rotura de las cadenas moleculares, lo aumenta la higroscopicidad de la Guadua Angustifolia Kunth y el desfibrado ocasionando varios daños colaterales, empleándola en construcción de viviendas, mencionan en algunos textos”⁷, que cuando este material recibe los rayos ultravioleta directamente tiende a cambiar su aspecto físico debido a la fotodegradación y por consiguiente su vida útil disminuye, ocasionando como efecto el cambio de la sección de la Guadua Angustifolia Kunth afectada.

Dado lo anterior, surge la idea y la necesidad de querer evaluarla la Guadua Angustifolia Kunth, ya que este material ha sido importante dentro de los procesos constructivos en el eje cafetero (Quindío, Calda y Risaralda), por lo que se hace

⁵Vélez, S. (2009). Actualidad de la construcción de guadua en Colombia. Obtenido de Tesis Doctorales: https://www.tesisred.net/bitstream/handle/10803/6130/09_ESD_Cos_pp_251_352.pdf?sequence=9.

⁶Vallejo, E. (2013). Perspectiva genética de los rayos UV y las nuevas alternativas de protección solar. Revista Argentina de Dermatología, 94(3), 2-11.

⁷Ibídem.

necesario analizar y evaluar la *Guadua Angustifolia* Kunth con la variables de rayos ultravioleta (UV) y con tres (3) contaminantes químicos en función del tiempo, posteriormente se realizará el ensayo a la compresión de la probetas contaminadas y las probetas no contaminada (grupo de control), el investigador al hacer la revisión documental en el repositorio y biblioteca de la Universidad Católica de Colombia de Bogotá y en otros centros educativos, se pudo encontrar proyectos de investigaciones relacionados con los temas de interés de la investigación a continuación se hace relacionan tres(3) textos encontrados entre varias lectura de interés consultadas así tenemos :

- “Los efectos de la radiación U.V sobre la morfología y anatomía de la *Guadua Angustifolia* Kunth, que brinda una idea de cómo los rayos ultravioletas pueden afectan la guadua”⁸.
- “Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua Angustifolia* Kunth originaria de armenia Quindío” “efectos de la radiación UV en presencia de humedad y temperatura en la guadua”⁹.
- “Evaluación de la degradación de la *Guadua*: Efectos sobre la estructura y propiedades mecánicas”¹⁰.

En esta investigación destaca, las propiedades y beneficios que otorga la *Guadua Angustifolia* Kunth, tanto para el uso del hombre, como para el medio ambiente y así poder contribuir a impulsar este material biodegradable, para que pueda ser utilizado en diferentes proyectos de construcción, adicionalmente de poder mitigar el impacto medioambiental.

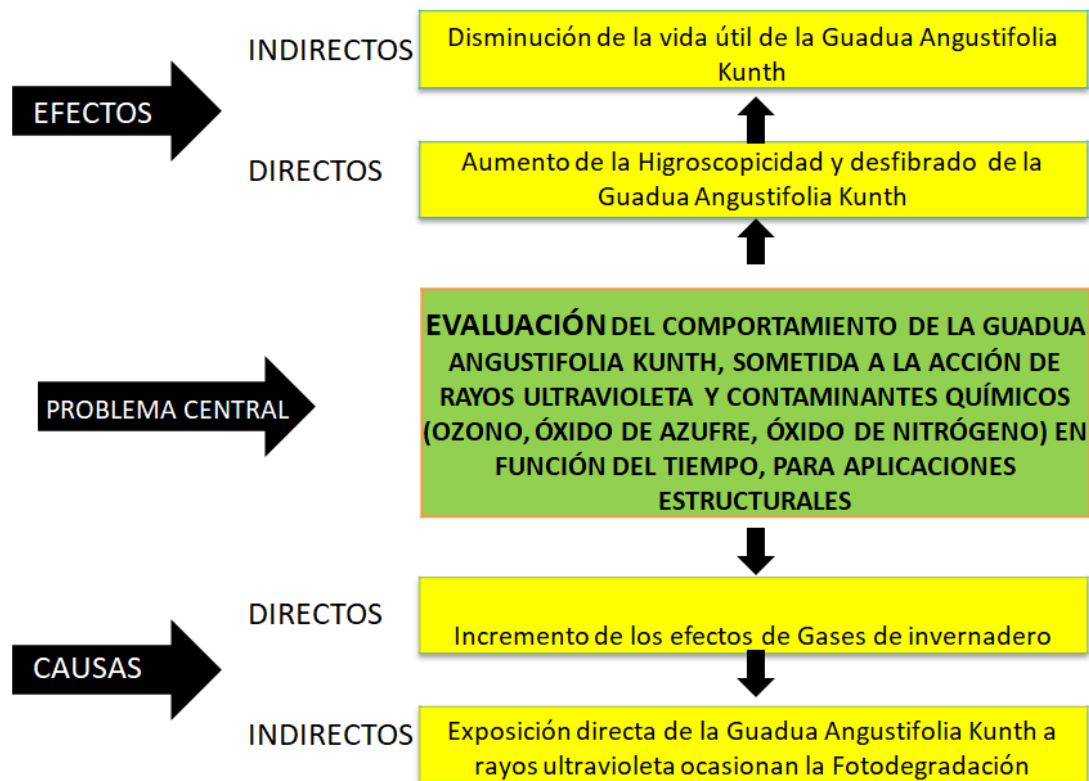
1.1.3 ÁRBOL DE PROBLEMAS.El investigador del presente trabajo emplea esta herramienta Gerencial utilizada en la formulación de proyectos, con el propósito de identificar y desarrollar las causas y efectos del problema central de la investigación.

⁸Mora, Cristhian David Aguire. 2018. Biblioteca.Ucatolica.edu.co. https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22429/1/TG-CRISTHIAN-AGUIRRE-FINAL_06_DICIEMBRE_REVISION_METODOLOGICA02%20%281%29.pdf.

⁹Moreno Molina, Javier Ricardo., & Cendales PuenteS, Martha Liliana. (2018, 10 noviembre). determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la guadua angustifolia kunth originaria de armenia quindio. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23924/1/Determici%C3%B3n%20de%20las%20propiedades%20f%C3%ADsicas%20y%20mec%C3%A1nicas%20de%20la%20Guadua%20Angustifolia%20Kunth.pdf>. <https://biblioteca.ucatolica.edu.co/>

¹⁰ Franco, Andrea Santamaría. 2012. <https://biblioteca.ucatolica.edu.co/> [https://repository.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/24692/u608100.pdf?sequence=](https://repository.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/24692/u608100.pdf?sequence=1)

Figura 1. Árbol del Problema



Fuente: Rodríguez González Jair. Diseño árbol de problemas. 2020.

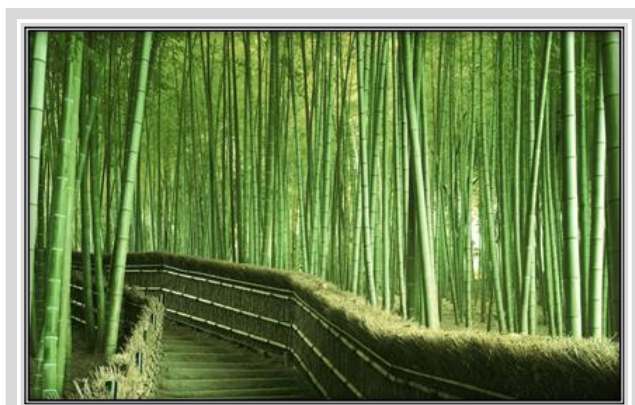
Se plantea el siguiente problema:

- ¿Cuál es el comportamiento de la Guadua Angustifolia Kunth, bajo la acción de rayos ultravioleta aplicando los elementos químicos del ozono, óxido de azufre, óxido de nitrógeno?
- ¿Qué afectación tiene su anatomía externa y su comportamiento mecánico (resistencia a la compresión)?

2. ANTECEDENTES

“Los familia de los bambúes han sido empleados desde hace muchos años en la construcción de viviendas tradicionales en los países de Japón y la China. Es empleada principalmente debido a su excelente comportamiento de resistencia-peso, y su alta auto - sostenibilidad debido a su velocidad de crecimiento tres (3) a seis (6) años y su flexibilidad arquitectónica para la creación de las diferentes formas geométricas”¹¹. En 1822 el famoso botánico Alemán Kunth, describió a la Guadua como una variedad originaria de la Bambusa asiática original, el termino Guadua es original de Ecuador y Colombia, donde los indígenas utilizaban ese tipo de bambú en las construcciones de viviendas y la elaboración de herramientas, soportes y estructuras para las actividades agropecuarias (véase la Figura 2.)

Figura 2. Árbol de Bambú.



Fuente: Ajay Pandey Amboo Forest (2019)

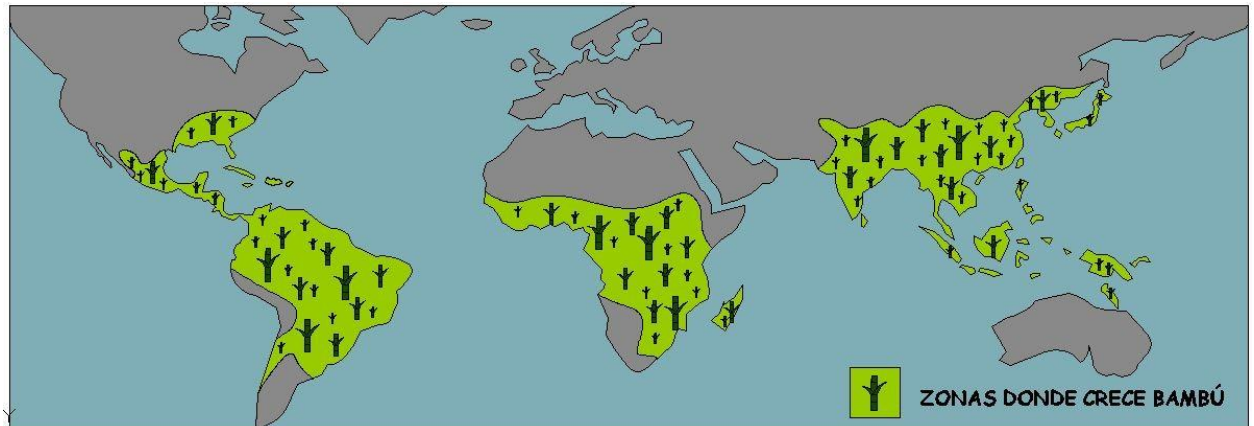
“La familia de los Bambúes, tiene una gran ventaja ante las demás especies vegetales como lo es su capacidad de captar Gas carbónico (CO₂), de acuerdo a la INBAR (Red internacional de Bambú año 2007)”¹², en el mundo existen más de 1250 especies de Bambúes los cuales están localizados en tres (3) continentes Así, África y América, en todo el continente Americano existen unas 600 especies ubicadas desde el sur de los Estados Unidos hasta el sur de Chile y Argentina.

¹¹López, L., & Correal, J. (2009). Estudio exploratorio de los laminados de bambú guadua angustifolia como material estructural. Maderas. Ciencia y Tecnología, 11(3), 171-182.

¹²Moran, Jorge A. Traditional and Current Uses of Bamboo in Latin America, with emphasis in Colombia and Ecuador. INBAR- China. National Polytechnic School . Ecuador. 2001

De todas las especies solo veinte (20) han sido estudiadas y apropiadas para aplicaciones estructurales. La *Guadua Angustifolia* Kunth, es considerada una de las mejores especies por sus propiedades extraordinarias y numerosa familia, diversidad de especies (véase la Figura 3).

Figura 3. Distribución continental de los Bambúes.



Fuente: Información tomada de Revista National Geographic, Distribución Natural de los Bambúes en el mundo, (2018).

“La *Guadua Angustifolia* Kunth, es considerada en Colombia uno de los recursos más valiosos del país a pesar de los esfuerzos de conservación”¹³. La globalización de la economía ha generado en los últimos tiempos alternativas de nuevos mercados, con perspectivas industriales, servicios novedosos entre los cuales se encuentra productos a base de bambú principalmente de la especie *Guadua Angustifolia* Kunth”.

“En el continente Americano la especie de bambú más empleada en la construcción de estructuras autóctonas, sobresale la *Guadua Angustifolia* Kunth. Esta especie pertenece a la familia de las Poaceae”¹⁴, y sobresale por sus culmos largos y espinosos, los cuales alcanzan veinticinco (25) metros de altura, con diámetros que oscilan entre los diez (10cm) y los dieciocho (18 cm), esporádicamente se encuentran de treinta 30 metros.

En Colombia, adquiere mayor relevancia, en el sector del eje cafetero por la abundancia de este producto ya que existen 36.000 hectáreas de *Guadua Angustifolia* Kunth (Ecohabitar, 2018), ubicadas en los departamentos de Quindío, Risaralda, Caldas y Valle del Cauca, esencialmente y por el uso en

¹³Salazar Jaramillo, Á., Pardo Saavedra, D., Vásquez Mesa, M., & Fonthal Rivera, G. (2011). Diseño e implementación de un prototipo no invasivo de medidor de agua para la *Guadua angustifolia* Kunth. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 20(4), 5-11.

¹⁴Ibidem.

construcciones, manufacturas (muebles y artesanías) de diversa índole gracias a su flexibilidad y su presentación original entre otras cualidades.

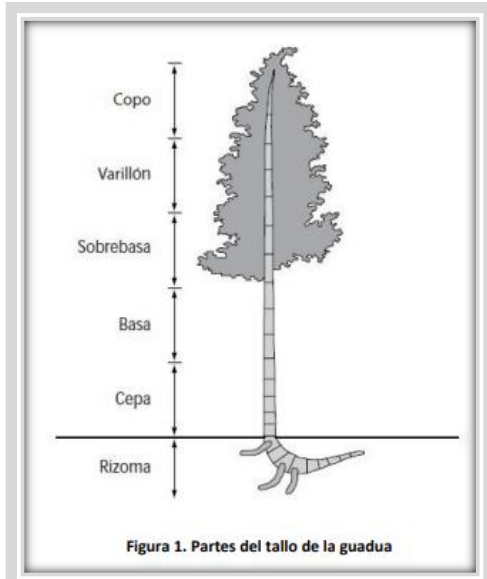
Se puede evidenciar la importancia de la guadua como materia prima en la construcción de vivienda, puentes, kioscos, estructuras turísticas, decorativas, artesanales, inclusive en instrumentos musicales, complementándose con diversos materiales nativos, manteniendo siempre la calidad, flexibilidad y facilitando múltiples usos, realzando su atractiva presentación en su estado natural.

2.1 MORFOLOGÍA DE LA GUADUA

De las morfologías más importantes tenemos:

- **Raíces.** La estructura radicular está integrada en gran parte por raíces eventuales y fibrosas, y por los rizomas que hacen parte del tallo, de tipo paquimórfico (crece hacia afuera), en su conjunto son fuertes, abundantes, generando nuevos rizomas y por ende nuevos tallos.
- **Culmo o tallo.** Una vez brota del suelo lo hace con el máximo diámetro posible. Un tallo adulto tiene una altura entre dieciocho (18m) y veintidós (22 m), es recto, leñoso y ligeramente arqueado en la parte superior final, donde forma entrenudos y nudos. Según la variedad presenta su característica especial.
- **Hojas caulinares.** Las hojas que la componen son órganos foliares modificados, protegen desde el Culmo hasta el tallo en su crecimiento. Tienen forma triangular, son fuertes, presentan bellos en la parte externa y su interior es brillante, su diámetro depende de la parte donde se ubiquen.
- **Hojas de follaje.** Las hojas tienen punta de lanza, su longitud varía entre ocho(8 cm) y veinte (20 cm), y su anchovaría entre 1.5 y 3.5 cm. Presenta pubescencias blanquecinas
- **Flores.** El culmo apenas brote del suelo sale con el máximo diámetro posible. Un tallo alcanza a tener entredieciocho (18m) y veintidós (22 m), se caracteriza por ser recto, leñoso, y ligeramente arqueado al finalizar, está conformado por nudos y entrenudos al interior son huecos.
- **Semillas y yemas.** Son aquellas espigas que brotan en los extremos de las ramas, se asimilan a la forma de un arroz tiene un porcentaje de germinación alta. (Véase figura 4).

Figura 4. Anatomía de la guadua.



Fuente: Bambusa.es. Diseño e instalación de estructura de bambús cañas de guadua [en línea] [citado: 19 de mayo, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/bambu-guadua/>>.

La morfología de la *Guadua Angustifolia* Kunth, vemos su principal característica y genealogía en la siguiente tabla (Véase tabla 1.)

Tabla 1. Genealogía de la guadua.

Rango	Taxonomía
Familia	Gramineae o Poaceae
Género	Guadua
Especie	Angustifolia
Variedad	Bicolor
Forma	Cebolla, Macana, Rayada, cotuda y castilla

Fuente: Construcciones en Guadua, Giraldo y Sabogal 1999, p.2

2.1.1 APROVECHAMIENTO DE LA GUADUA. El cultivo de *Guadua* es conocido como Guaduales, desde el punto de vista ambiental, ecológico y económico es un excelente sistema, por tal motivo, hay que procurar que su uso y salida de guaduas maduras sean aprovechadas y al retomar el inicio del ciclo en los Guaduales de renuevos sean equilibradas con el fin de mantener un rendimiento sostenible del guadual.

Las Corporaciones Autónomas Regionales (C.A.R) son las entidades encargadas de velar por la conservación y preservación de los recursos naturales y ambientales; poseen un Estatuto Forestal el cual reglamenta y vigila, el aprovechamiento de la guadua y de otras especies vegetales.

La Corporación Autónoma Regional (C.A.R) en cada departamento concede los permisos para corte de 1000 Guaduas, se le pide al interesado un estudio técnico de aprovechamiento y reposición de las Guaduas cortadas el cual debe estar avalado por un ingeniero Forestal, la C.A.R, emite una resolución fijando una serie de obligaciones tales como:

Se debe Realizar los cortes por encima del primer nudo basal de la Guadua.

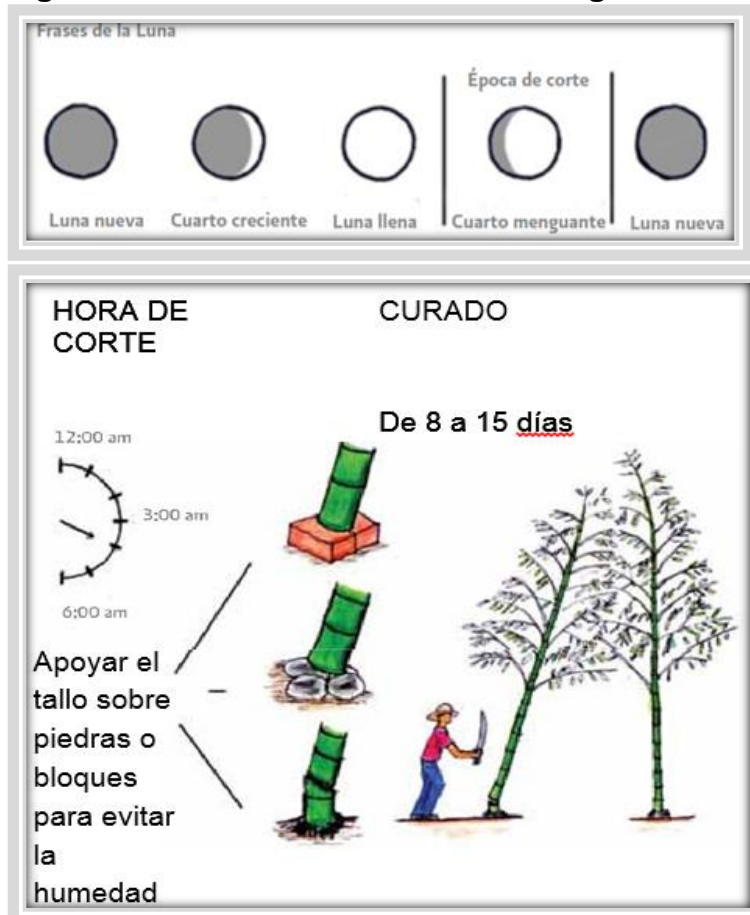
- Se debe efectuar el aprovechamiento dentro del área fijada del cultivo.
- Solo se puede cortar y aprovechar la cantidad autorizada por la C.A.R.
- Se debe realizar el aprovechamiento dentro del plazo estipulado por la C.A.R.
- Se debe cumplir las recomendaciones que exige la CAR para cada proceso.
- En cualquier momento los funcionarios de la CAR pueden realizar las visitas queden lugar para efectuar el control.

2.1.2 PASOS A SEGUIR PARA UN BUEN APROVECHAMIENTO

- **Rocería.** Consiste en cortar la maleza, los ganchos y los bejucos de guadua debidamente identificados, los cuales deben estar reunidos cerca al guadual, y así obtener mayores rendimientos en las labores de corte y a su vez disminuir los riegos para los empleados que realizan el corte.
- **Entresaca.** Se debe realizar el corte de las Guaduas que estén maduras hasta completar la cantidad autorizada por la CAR.
- **Distribución de residuos.** Se debe recopilar todos los residuos y subproductos del aprovechamiento las que este cerca de los ríos se debe dar un tratamiento especial.
- **Corte.** Se debe hacer el corte por encima del primer nudo basal, evitando la formación de depósitos de agua, el corte se debe hacer en el cuarto menguante de la luna, ya que en este tiempo es cuando ejerce menos influencia la luna sobre el movimiento de líquidos en la tierra, y la atracción de la gravedad es mayor, y los líquidos de todas las plantas no pueden subir por el tallos tan fácilmente (Figura 5).
- **Hora de corte.** Es recomendable hacer los cortes durante el día y especialmente en las horas que esté haciendo sol, la Guadua es fotosintética y

fisiológicamente activa, en la noche, no es recomendable ya que el contenido de humedad disminuye cuando regresa al suelo. (Figura 5).

Figura 5. Corte de bambú en luna menguante.



Fuente: Construcciones en Guadua, Giraldo y Sabogal 1999, p.7.1

- **Curado de la guadua.** Al momento de estar cortadas las guaduas, se deben curar para evitar que los insectos xilófagos ataque la Guadua, también se le puede hacer varios tratamientos de curado el primero de ellos consiste en dejar el tallo recostado verticalmente de cuatro a ocho semanas, segundo método el de la inmersión el tallo se hunde por cuatro semanas entre agua.
- **Secado.** Las Guaduas en su estado natural transportan su alimento por medio de la savia; dicha humedad es abundante en estas plantas, por lo cual el secado debe hacer hasta obtener una humedad entre el 10 y 15%, el secado se debe realizar para mejorar las propiedades mecánicas, ya que la resistencia aumenta al reducir la humedad; además, cuando la guadua alcanza su estado seco se contrae ocasionando fallas en la construcción; otra razón importante

radica en que algunos organismos encargados de manchar y pudrir los elementos no se alojan en la guadua si la humedad es menor al 15%.

2.2 PRESERVACIÓN DE LA GUADUA

2.2.1 SUSTANCIAS Y MÉTODOS DE PRESERVACIÓN. Como ya se ha referenciado, la familia del bambú su durabilidad natural es baja, cuya durabilidad se puede mejorar suministrando sustancias preservadoras las cuales lo protejan contra el ataque de insectos y hongos y así poder prolongar su vida de servicio, estas sustancias preservadoras se deben aplicar en las paredes de los culmos para que se distribuya a través del tejido leñoso.

La Guadua es muy diferente a la madera normal, debido a que la Guadua tiene sus vasos orientados longitudinalmente, separados por las células de almacenamiento, en los internodos, y conectados en los nodos, son pequeños en el perímetro de la pared y grandes cerca del centro.

Las sustancias que se disuelven en agua que se emplea para preservar la Guadua, son las sales de C.C.A (Cromato copperarseniate) y otro compuesto del boro (ácido bórico y bórax).

La protección contra el ataque de hongos se logra mediante un buen secado y un buen diseño en la construcción.

2.3 VENTAJAS DEL USO DE LA GUADUA EN LA CONSTRUCCIÓN

- **Valor ecológico.** Es un material de rápido crecimiento, puede alcanzar su madurez entre los 5 y 6 años después de este tiempo se pueden cortar una plantación para los diferentes usos, Guadua Angustifolia Kunth a diferencia de muchas especies maderables que si requieren periodos largos hasta cuatro veces mayores para su aprovechamiento, después del cual el área es limpiada, con riesgo de deforestación cuando no se tiene un plan de manejo adecuado; en el caso de los bambúes, los tallos maduros después del tiempo se cortan periódicamente.
- **Propiedades mecánicas.** La Guadua es un material resistente, ligero, de alta rigidez, tiene excelentes propiedades mecánicas las cuales brinda un gran beneficio en la construcción de viviendas ya que tienen un apropiado comportamiento estructural ante sismos, por su bajo peso y su alta disipación

de energía en las uniones de los diferentes elementos de una construcción con este material.

- **Valor social y económico.** Una plantación de 20 x 20 (m) o 400m² puede producir después de los cinco (5) años, suficiente material para poder construir dos (2) casas de 8 x 8 (m) 64m², según los datos de la Fundación del Medio Ambiente del Bambú, de Bali, Indonesia. En la actualidad en la industria, se utiliza la Guadua como materia prima para la obtención de pulpa para papel, en la India el 80% de las fábricas de papel dependen de este recurso, logrando con esto restarles presión a los bosques maderables.
- **Beneficio en el consumo de energía.** Según datos del manual para la construcción sustentable se menciona que la energía que se requiere para transformar el bambú es mucho menor, que la requerida con otros materiales de construcción, para poder lograr su transformación y obtener otro producto como se ilustra la tabla 2.

Tabla 2. Relación de Consumo de energía para fabricar diferentes materiales para la construcción.

Material	Energía x esfuerzo
Concreto	240 MJ/m ³ por N/mm ²
Acero	1500MJ/m ³ por N/mm ²
Madera	80 MJ/m ³ por N/mm ²
Bambú	30 MJ/m ³ por N/mm ²

Fuente: Manual para la Construcción Sustentable con bambú, Conafor, 2002, p.60

La Guadua es un material con cualidades físicas y mecánicas adecuadas para la construcción, además es un recurso natural abundante, de bajo costo y fácil manejo

2.4 DESVENTAJAS DEL USO DE LA GUADUA EN LA CONSTRUCCIÓN

- La guadua en estado seco es un material altamente combustible.
- La guadua tiende a pudrirse cuando se somete al contacto con el agua o el suelo. Puede ser atacado por insectos, después de ser cortado, lo que deteriora su integridad provocando su posterior pérdida de rigidez.

- El diámetro de la guadua no es uniforme en toda su longitud, lo cual puede ser un inconveniente para construcciones donde se requieran medidas muy precisas.
- La guadua mal tratada puede llegar a perder su resistencia con el transcurso del tiempo.
- A diferencia de la madera, las uniones de los elementos estructurales en guadua presentan mayor dificultad, ya que no pueden ser hechas con puntillas.
- Las uniones son un inconveniente debido a su forma hueca.

2.4.1 PROBLEMAS INTERNOS.La Guadua, es un material bondadoso (que se expande y contrae en forma desigual en sus diversas direcciones –longitudinal, radial y tangencial) con una resistencia muy baja a las fuerzas de corte y paralelo a sus fibras, con respecto a las fuerzas transversales que se presentan en las uniones.

La forma tubular de la Guadua depende de su tamaño, forma y espesor; ocasionada a la formación de los internodos, sus extremos abiertos pueden aplastarse fácilmente. Por ello, lo más recomendable es que las uniones se hagan utilizando las piezas cerca de los nodos, el inconveniente es que están distribuidos a distancias variables.

2.4.2 PROBLEMAS EXTERNOS.Como es un material de la construcción se debe conocer todas sus ventajas y evitar sus desventajas para aprovecharlos al máximo.

En las construcciones que se emplean la Guadua, tradicionalmente se levantan en lugares donde no están disponibles equipos modernos y personal calificado o profesionales, solo el conocimiento empírico de los lugareños que continuamente aplican sus técnicas de construcción. Por eso suele suceder que los diseños son simples, en su proceso constructivo como en los equipos y herramientas que se utilizan.

La estabilidad en las juntas debe ser resuelta en relación con el tiempo, para asegurar la permanencia por el periodo requerido de servicio de la edificación, su construcción en sitio, en tiempos menores y con mano de obra no calificada.

2.5 PROPIEDADES DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA CONSTRUCCIÓN

2.5.1 Propiedades Físicas

Tabla 3. Propiedades físicas de la Guadua Angustifolia Kunth.

PROPIEDADES FISICAS	Máxima (MPa)	Mínima (MPa)	Zona del nudo Max. (MPa)	Zona del nudo Min. (MPa)	Zona entre nudos Max. (MPa)	Zona entre nudos Min. (MPa)
Resistencia a la tracción	325	183	348	127	264	229
Módulo de elasticidad máxima a la tracción	31640	14062	NA	NA	NA	NA
Resistencia a la compresión	86	56	NA	NA	NA	NA
Resistencia a la compresión (Modulo de elasticidad)	19900	15187	NA	NA	NA	NA
Resistencia a la flexión	276	76	NA	NA	NA	NA
Resistencia a la flexión (módulo de elasticidad)	22000	10547	NA	NA	NA	NA
Resistencia de las fibras (flexión fibras exteriores)	253		NA	NA	NA	NA
Resistencia a la tracción	309	330	NA	NA	NA	NA
Resistencia a la flexión	95		NA	NA	NA	NA
Resistencia a la tracción	148	162	NA	NA	NA	NA

Fuente: Resistencia a la compresión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la Guadua angustifolia, Takeuchi Tam, C. (2012).

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el sector de la construcción día a día se encuentra en la búsqueda de nuevas alternativas de materiales que sean renovables, biodegradables y ambientalmente sostenibles. La Guadua es un material que cumple con todos los requisitos esperados, este producto puede llegar a reemplazar a materiales tradicionales como el acero y otras maderas. “La Guadua Angustifolia Kunth tiene propiedades físicas y mecánicas, que según estudios y construcciones realizadas en Colombia su comportamiento es factible para ser usadas en vigas y columnas”¹⁵ entre otras aplicaciones como se observa en la (figura 6), debido a esto, en un futuro cercano se podría convertir en un material indispensable en las obras de estructuras.

Figura 6. Detalle Constructivo Guadua, Gobernación del Quindío, 2010.



Fuente. Estudio exploratorio de los laminados de bambú guadua angustifolia como material estructural. Maderas. Ciencia y Tecnología, 2017.

Sobresale que la Guadua Angustifolia Kunth, tiene varias ventajas, entre las cuales encontramos que es un material biodegradable amigable con el ambiente, se caracteriza por tener el menor costo en comparación con materiales convencionales de la construcción y también sus particularidad de flexibilidad y dureza, es un material sismo resistente, se observa la importancia de este material, hasta el punto que en la actualidad está incluido en la Norma Sismo Resistente (NSR-10) título G. Estructuras de Madera y Guadua.

¹⁵Centro Nacional Para El Estudio Del Bambú-Guadua CNEBG. (2019). Municipio de Salento. Recuperado el Febrero de 2020, de <https://www.crq.gov.co/images/Centro> 14/06/2017

También se puede destacar en la *Guadua Angustifolia Kunth*, es un material natural, renovable, que ayuda a constantemente a mover la economía de la región del eje cafetero, lugar donde se siembra gran parte de la *Guadua* producida en Colombia. La *Guadua* tiene varios usos entre los cuales podemos resaltar para vivienda, derivados en industrias y materias primas entre otros (véase la Tabla 3 y la Figura 7).

El propósito de este trabajo es poder Evaluar la *Guadua Angustifolia Kunth*, cuando está sometida a la acción de rayos ultravioleta (UV), ya que los rayos ultravioleta es el origen del deterioro más visible de la madera en especial cuando está expuesta directamente a la intemperie, ocasionando la degradación de la Lignina cerca de la superficie de la madera, esta exposición a los rayos ultravioleta se hace aplicando en conjunto los contaminantes químicos seleccionados, los cuales abundan en el medio ambiente, exponiéndolos a una variable de un tiempo determinado de veintiocho (28) días.

Se realiza esta prueba tratando de asemejar el ambiente más propicio, como posiblemente se puede encontrar la *Guadua Angustifolia Kunth*, cuando es empleada en estructuras de construcción a la intemperie y de esta manera podemos verificar los cambios estructurales que pueda presentar al realizar el ensayo a compresión.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 MARCO DE TEÓRICO

La Guadua Angustifolia Kunth, hace parte de una especie botánica de la subfamilia de las gramíneas bambusoideae, que tiene su hábitat en la selva tropical húmeda generalmente a orillas de los ríos, crece de quince(15) a veinte (20) m en un tiempo de 120 días; su diámetro máximo es de 20 centímetros en planta, después del proceso de corte se evapora la humedad y adelgaza aproximadamente siete (7) cm, la altitud ideal de la planta es entre los 400 y 1200 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar) en suelos areno-limosos, arcillosos, profundos y la Temperatura debe encontrarse entre 20 y 26°C, y una humedad relativa de al menos 80%”.

4.1.1 LA GUADUA. Ha sido una tradición cultural, histórica y de interés ambiental en la Región Cafetera, especialmente en los departamentos de Quindío, Risaralda y Caldas y “últimamente el departamento del Valle del Cauca , aunque también se puede encontrar en otros departamentos como Antioquia, Boyacá, Cauca, Casanare, Caquetá, Choco, Cundinamarca, Huila, Meta, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Santander y Tolima”¹⁶, en la actualidad se estima un área en guaduales de 36.000 hectáreas de las cuales 31.000 son naturales y 5.000 son cultivadas, la región cafetera es donde se encuentra el mayor número de áreas aportadas a la nación se maneja un orden de 31.000 hectáreas (véase la Tabla 3 y la Figura 7).

Tabla 4. Guaduales Naturales y Plantados en Colombia.

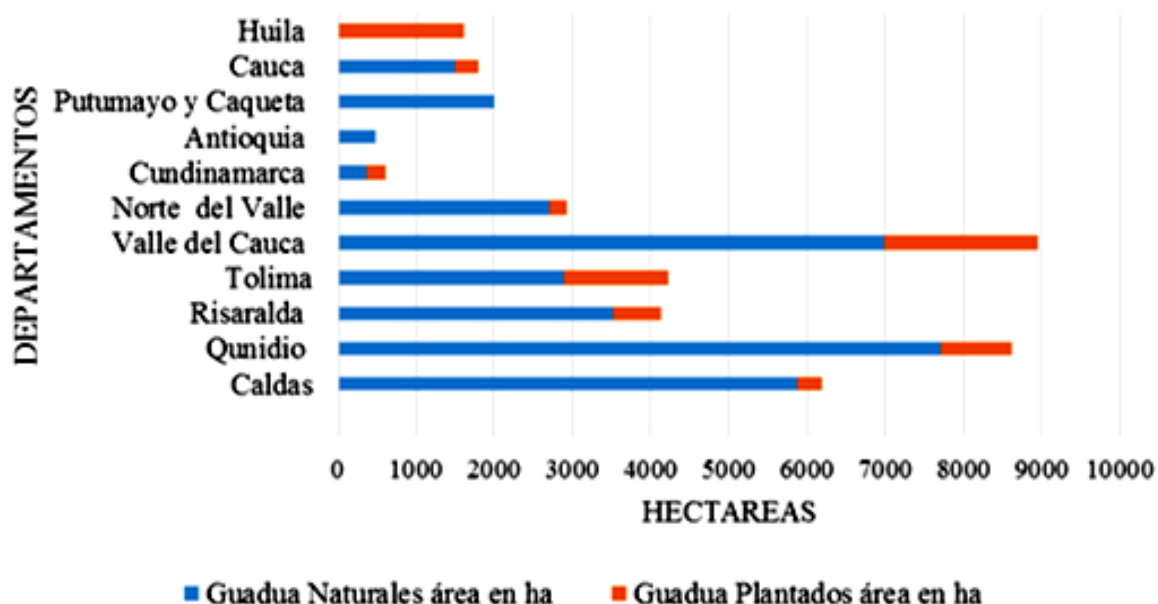
Departamentos en Colombia	Guadua natural área en (ha)	Guadua plantados área en (ha)	Total, área en (ha)
Caldas	5875	320	6195
Quindío	7708	905	8613
Risaralda	3515	615	4130
Tolima	2896	1326	4222
Valle del Cauca	6992	1950	8942
Norte de Valle	2696	229	2925
Subtotal eje cafetero	29682	5345	35027
Cundinamarca	378	228	606

¹⁶Vallejo op. cit.,p.16.

Departamentos en Colombia	Guadua natural área en (ha)	Guadua plantados área en (ha)	Total, área en (ha)
Antioquia	489	0	489
Putumayo y Caquetá	2000	0	2000
Cauca	1500	300	1800
Huila	0	1611	1611
Subtotal otros Departamentos	4367	2139	6506
Total, País	34049	7484	41533

Fuente: Servicio Nacional de Aprendizaje, 2006.

Figura 7. Plantaciones de Guadua en Colombia.



Fuente: Plantaciones de Guadua en Colombia, Servicio Nacional de Aprendizaje, 2006

El departamento del Valle del Cauca, por extensión 22.195 Km², posee el liderazgo en tener en su territorio guadua natural y sembrada, sin embargo, Quindío con una extensión de 1.845 Km² cuenta con la mayor plantación natural de los guaduales, junto al eje cafetero (Risaralda, Caldas y Quindío) cuenta con un 84.33% de sembrados naturales y plantados en todo el territorio Colombiano.

“A continuación se relaciona la tabla N°4, que corresponde a los volúmenes que tiene el aprovechamiento vs el área de producción por (m³/ha) de un

departamento, para su valoración en la producción de la guadua”¹⁷. (vease la Tabla 4).

Tabla 5. Aprovechamientos Forestales para Guadua Realizados en los Departamentos Referenciados para el Censo Ocupacional, según CAR.

Departamentos	Volumen(m3)				
	2000	2001	2002	2003	2004
Quindío	21311,49	15742	21452	29823	33707
Risaralda	9881,1	15088	6327	7658	10113
Tolima	0	0	0	0	2485
Valle del Cauca	2726	751	1890	1465	2202
Caldas	7395	929	368	7344	2485

Fuente:Servicio Nacional de Aprendizaje, 2006

Quindío, se ha caracterizado por ser el departamento con mayores solicitudes de permisos para el aprovechamiento de guaduales, efectos de área cubierta por bosques naturales, también es de resaltar que esta planta regula la captación entre el oxígeno (O) y dióxido de carbono(CO₂) que se encuentra en la atmosfera, contribuyendo con la disminución del cambio climático y por su reproducción permanente es un recurso altamente renovable, impidiendo la erosión de los suelos donde se siembra ya que tiene efectos enriquecedores en la flora y la fauna, fortaleciendo el ecosistema en cuencas hídricas, perteneciente a una especie botánica de la Subfamilia Bambusoideae que crece de 15 a 20mts en 120 días, considerada por al Arquitecto Simón Vélez “*Acero Vegetal*”, favoreciendo no solo al medio ambiente sino aportando a la construcción con espacios óptimos para el ser humano, es por eso que se ha venido incursionando en el desarrollo de investigaciones orientadas en gran parte a la búsqueda y análisis de las cualidades físicas, mecánicas y la versatilidad del comportamiento de este noble vegetal.

Desde hace uno años, este material está teniendo un resurgimiento como material alternativo para construcción de viviendas, debido al interés en avances de investigaciones sobre la utilización de la guadua para estructuras, y el análisis de sus propiedades y el comportamiento con otros materiales para ser utilizado en el sector. Además, es importante tener en presente que la Guadua Angustifolia Kunth, tiene propiedades adecuadas para “retener tensiones a lo largo de su eje, con un alto módulo de Young y elasticidad”¹⁸.

¹⁷Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. (2006). La Guadua. Bogotá: SENA.

¹⁸Cifuentes, X., Mejía, L., & Ruiz, J. (2013). Caracterización de la Guadua en el departamento de Quindío. UGCiencia, 19, 128 - 142.

Por otro lado, en el país se cuenta con regulaciones para el uso de la *Guadua Angustifolia Kunth* como elemento estructural, como es el caso del “Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) – Título Capítulo G.12. Estructuras de madera y estructuras de *Guadua*”¹⁹, en la que se evidencia, junto con otros documentos consultados, una gran falencia en cuanto a investigaciones relacionadas con el comportamiento ambiental con agentes externos en variables de tiempo y contaminantes.

En este sentido, se observa la *Guadua Angustifolia Kunth* como elemento de uso constructivo a la vista, se desconoce su reacción a contaminantes que se encuentran en el medio ambiente directamente, cuando la *Guadua Angustifolia Kunth* está expuesta a los rayos ultra violeta (UV), junto a contaminantes análogos (Ozono, Óxido de azufre, Óxido de nitrógeno), el aumento de la radiación(U.V) en todo el planeta, a causa de la degradación de la capa de ozono (O₃),y de otros factores inducidos por el hombre, esto podría significar un grave peligro al crecimiento de las plantas, y el incremento de la tasa de descomposición de hojarasca y afectaciones en el proceso de fotosíntesis (su principal proceso) y en el caso de la presente investigación el empleo de la *Guadua Angustifolia Kunth* a la vista como elemento estructural en las construcciones de vivienda, puentes, entre otras construcciones.

Por lo anterior, esta investigación está encaminada analizar y obtener una matriz de comparación de resultados entre una muestra contaminada vs una muestra no contaminada, después de estar expuesta a contaminantes químicos externos como (Ozono, Óxido de azufre, Óxido de nitrógeno) y rayos ultravioletas U.V teniendo presente la variable de tiempo, verificando que resultados se obtienen, teniendo presente la Norma técnica NTC 5525, donde se regula los Métodos de Ensayo para determinar las propiedades física y mecánicas de la *Guadua Angustifolia Kunth* y la norma sismo resistente 10 en su capítulo G. donde se relaciona la forma correcta para realizar la inspección visual por defectos.

La *Guadua Angustifolia Kunth* encontrada en la Región Andina es la especie más reconocida, debido a su incidencia en el desarrollo cultural y económico, se observa principalmente en el ejecafetero, se enfoca nuestra investigación por ser la especie más cultivada utilizada en los procesos constructivos en nuestro país.

La *Guadua Angustifolia Kunth* tiene una forma circular, esbeltez y un radio de giro muy favorable con respecto a las secciones de madera o acero con un peso similar. Resulta que la *Guadua Angustifolia Kunth* resiste mucho más que la madera y en cuanto a la “relación entre fuerza máxima y peso, la *guadua* presenta

¹⁹ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Bogotá 2010.

un valor interesante, ya que se aproxima al acero. Por ello, concluimos que es muy apta para estructuras livianas y espaciales en donde aparecen fuerzas axiales”²⁰.

La Guadua Angustifolia Kunth “es la de mayor uso en el eje cafetero, por sus optimas cualidades físicas y es empleada como un material básico en la construcción de viviendas e infraestructuras”²¹.

Tabla 6. Clasificación Guadua Angustifolia Kunth.

Nombre común	Guadua
Nombre científico	Guadua angustifolia Kunth
Familia	Gramíneas
Tribu	Bambuseaseverae
Subgénero	Bambusa
Formas	Guadua castilla
	Guadua macana
	Guadua cebolla
Variedades	Guadua bicolor
	Guadua macana / verde rayada y amarilla

Fuente: La Guadua Ecosistema Forestal, Páez Rodríguez, 2020.

4.1.2 INCONVENIENTES PROPIOS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH.

- En la Guadua Angustifolia Kunth, la resistencia a fuerzas perpendiculares a las fibras (esfuerzo cortante) es muy baja, lo que significa que la Guadua Angustifolia Kunth tiende a rajarse fácilmente paralelo a las fibras.
- Una construcción en Guadua Angustifolia Kunth, necesita una protección por diseño que asegure que este material no reciba directamente la humedad, ni los rayos directos del sol.
- La Guadua Angustifolia Kunth, es un material en su estado seco y por sus características en su interior huecas de prender fácil en un incendio.

²⁰Montoya Mejía, D. (2016). Caracterización ocupacional de la Guadua del municipio Armenia-Quindío. Bogotá: Servicio Nacional de Aprendizaje: Entorno económico.

²¹Arias Restrepo, L. (2004). El uso de la guadua como material para la construcción. Obtenido de Periódico la Impronta: <https://guaduaybambu.es.tl/El-uso-de-la-Guadua-en-la-Construccion.htm>

- En la industria aún no se ha establecido una técnica confiable de inmunización contra hongos.
- La Guadua Angustifolia Kunth, es un recurso natural que no se puede estandarizar todas tienen diferente diámetro.
- El comportamiento de la Guadua Angustifolia Kunth, puede variar mucho con respecto a la especie, al lugar de origen, al corte, al contenido de humedad y a la parte del culmo que se esté utilizando.
- Después de construida la Guadua Angustifolia Kunth necesita un buen mantenimiento para que perdure.
- Con respecto a los contaminantes químicos que se van emplear, se observará cuáles son los efectos que tiene la Guadua Angustifolia Kunth bajo los efectos de los rayos ultravioleta.

4.1.3 CONTAMINANTES QUÍMICOS DE ESTUDIO. Se seleccionaron los contaminantes químicos citados, ya que son los más abundantes en el medio ambiente, e igualmente porque hacen parte de una segunda parte de un trabajo que lleva investigando la Universidad Católica de Colombia para poder proceder a su aplicación en la probetas de Guadua Angustifolia Kunth debemos tener en cuenta la ficha técnica de seguridad de los químicos (véase las Figuras 11 al 14), que vamos a emplear en los ensayos, en estas fichas encontramos el siguiente contenido:

- 1) Identificación del producto químico
- 2) Peligros de incendio y explosión
- 3) Toxicidad aguda
- 4) Medidas en caso de derrames, fugas, reglas de almacenamiento y envasado
- 5) Medidas de prevención
- 6) Lucha contra incendios
- 7) Primeros auxilios
- 8) Medidas de prevención y etiquetado
- 9) Propiedades y peligros físicos y químicos
- 10) Efectos sobre la salud a corto
- 11) Efectos sobre la salud a largo plazo
- 12) Información reglamentaria
- 13) Datos medioambientales

- **El óxido de azufre (SO₃)**, es un “sólido incoloro de textura fibrosa, pero en condiciones estándar es un gas, un contaminante importante, siendo el principal agente de la lluvia ácida”²². (Véase Anexo 2, Figura 11).
- **El óxido de nitrógeno (N₂O)**, “Es un gas incoloro y soluble en agua, presente en pequeñas cantidades extendido por el aire siendo producido en automóviles y plantas de energía”²³. (Véase Anexo 2, Figura 13).

El ozono O₃, es una “sustancia cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, formada al disociarse los dos átomos que componen el gas oxígeno”²⁴. Cada átomo de oxígeno liberado se une a otra molécula de oxígeno gaseoso, formando moléculas de ozono. (Véase Anexo 2, Figuras 14)

4.1.4 RADIACIÓN ULTRAVIOLETA (U.V). La radiación solar es uno de los factores ambientales que beneficia y a su vez perjudica la vida en nuestro planeta tierra. La importancia de la radiación consiste en controlar el funcionamiento de los procesos del ecosistemas acuático y terrestre por medio de procesos fotobiológicos a través de la fotosíntesis, en presencia de temperatura y humedad hacen que estos cambios se propaguen con una intensidad mayor dependiendo de su ubicación geográfica y su hábitat.

“La radiación que llega a nuestro planeta abarca una amplia gama del espectro electromagnético y aproximadamente el 40% de ella es la que conocemos como luz o radiación visible”²⁵. (Véase figura 8).

Esta comprende longitudes de onda que van de los cuatrocientos (400) a los setecientos 700 m.m, rango que abarca los colores azul, violeta, verde, naranja, amarillo, rojo y que, por ser usado por los vegetales en el proceso de la fotosíntesis, también se le denomina radiación fotosintéticamente activa.

²²Organización Mundial de la Salud OMS. (2019). Fichas internacionales de seguridad química. Recuperado el Agosto de 2019, de <https://www.who.int/ipcs/publications/icsc/es/>

²³Ibidem.

²⁴Ibidem.

²⁵Xinzhang, S.(2014). Interactive effects of elevated UV-B radiation and N deposition on decomposition of Moso bamboo litter. Soil Biology and Biochemistry, 69, 11-16.

Figura 8. Índice de la radiación UV.



Fuente: Agencia de protección ambiental de estados unidos. Escala del índice UV [en línea]. Estados Unidos: EPA [citado: 19/09/2018]. Disponible en Internet: <URL: <https://espanol.epa.gov/espanol/escala-del-indice-uv>>

También sobre sale algunos títulos encontrados y consultados sobre investigaciones realizadas a la Guadua Angustifolia Kunth los cuales nos sirve como referencia en los diferentes objetivos que se van a desarrollar en los ensayos de laboratorio, entre los más importantes tenemos:

Tabla 7. Relación de algunas investigaciones relacionadas con la investigación.

Año	Título, autores, descripción	Entidad	Desarrollo contenido	Aportes al proyecto
2018	Análisis De Las Propiedades Físicas Y Mecánicas Del Culmo De Guadua Angustifolia En La Construcción Y Estudio De Un Método De Protección A La Intemperie	Universidad Católica de Colombia	Propiedades mecánicas varían y están extremadamente relacionadas con las características de la microestructura, densidad, contenido de humedad y posición del culmo	Saber cuáles son las propiedades mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth
2016	Bamboo as a structural element: species Guadua amplexifolia	Universidad de la Salle Bajo (México)	Identificar las diferentes texturas relacionadas sobre la Guadua angustifolia Kunth	No sirvió para tener un comparativo de las Guaduas después de terminar el proceso en la cámara de rayos

Año	Título, autores, descripción	Entidad	Desarrollo contenido	Aportes al proyecto
				ultravioleta.
2019	Tesis de Grado, análisis de las propiedades mecánicas de la guadua expuesta y no expuesta a rayos UV mediante técnicas estadísticas.	Universidad Católica de Colombia	Se logra comparar las probetas en el estado natural y probetas expuestas a rayos ultravioleta	Identificar las propiedades mecánicas de las probetas que fueron expuestas a rayos ultravioleta y mirar la resistencia de las mismas.
2013	Experimental determination of characteristics values for Guadua angustifolia	Universidad Nacional de Colombia. Bogotá	Se logra determinar y evaluar las características de la Guadua angustifolia Kunth	Estas características nos sirve para comparar la inspección visual realizadas a las probetas en estudio

Fuente: Relación de títulos encontrados, Rodríguez González Jair, 2020.

Tabla 8. Normas técnicas Colombianas más importantes aplicadas a la Investigación.

NORMA TECNICAS COLOMBIANA APLICABLE EN LAS PRUBEAS Y ENSAYOS		
Norma Técnica NTC Colombiana ICONTEC 5525	26 septiembre de 2007	Regula los Métodos de Ensayo para determinar las propiedades física y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth
Norma Técnica NTC Colombiana - 10	2010	El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) es el reglamento colombiano encargado de regular las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable.
Norma Técnica NTC Colombiana - 10	2010	Para realizar la clasificación Visual por defecto, se tuvo en cuenta la NSR-10 el título G –Estructuras de madera y estructuras de Guadua.
Norma Técnica NTC Colombiana 4435	2010	Una hoja de seguridad para materiales describe los riesgos de un material y suministra información sobre cómo se puede manipular, usar y almacenar el material con seguridad

Fuente: Varias fuentes de consulta, Rodríguez González Jair, 2020

4.2 MARCO CONCEPTUAL

La guadua es un material natural, el cual se caracteriza por sus principales bondades, y de aporte como material en la construcción en especial en el uso estructural, su resistencia o aprovechamiento pueden variar a través de aspectos que se deben considerar como, lugar de extracción, edad, temperatura entre otros, a continuación, se relaciona diferentes términos que se emplean en el desarrollo del trabajo (véase el Glosario Pág. 94 al 97).

4.2.1 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA GUADUA.

4.2.1.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA A LAS FIBRAS. La Guadua Angustifolia Kunth en su sección transversal tiene membranas intermedias fibrosas, por consiguiente la hace tener una gran capacidad de resistencia a la compresión y la flexión. “La estructura interna de las fibras está constituida por tejidos que soportan el esfuerzo mecánico al que se encuentra sometido el tallo debido a factores climáticos y al peso propio del material”²⁶.

El ensayo a compresión se debe realiza como lo indica la NTC5525 (véase figura 9), la resistencia a la compresión paralela a la fibra se calcula por medio de la siguiente ecuación: $\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$

Dónde:

- F_{ult} = Fuerza donde se presenta la falla.
- A = Área transversal de la probeta.

Figura 9. Ensayo probeta a Compresión.



Fuente: Laboratorio ensayo a compresión prensa, Rodríguez González Jair, 2020

²⁶MINAMBIENTE. op. cit., p. 34.

4.3 MARCO LEGAL

En este contexto se hace referencia de carácter general a las normas legales que son aplicables para la ejecución y desarrollo del proyecto de Evaluación de variables de tiempo y contaminantes (ozono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno), expuestas a rayos ultravioleta en la Guadua Angustifolia Kunth.

La presente normatividad, determina y especifica todos y cada uno de los procesos técnicos, legales que se deben tener en cuenta el correcto proceder a desarrollar y que en la actualidad aplican en el territorio colombiano (véase la 8).

Tabla 9. Legislación Vigente que Aplica a la Investigación.

Documento	Año	Reglamentación
Ley 99 General de Ambiente de Colombia	22 diciembre de 1993	Diario Oficial No 41146, de 22 de diciembre de 1993. Por la cual se crea el Ministerio de Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la Gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables se crea el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones para el medioambiente.
Ley 55 del 1993	02 Julio de 1993	Convenio sobre la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo. Por medio de la cual se aprueba el “Convenio número 170 y la Recomendación número 177 sobre la seguridad en la utilización de los Productos Químicos en el trabajo, adoptados por la 77ª Reunión de la Conferencia General de la OIT, Ginebra 1990.
Ley 68 del 2018	3 de Agosto del 2018	Por medio de la cual se incentiva el uso productivo de la guadua y el bambú y su sostenibilidad ambiental en el territorio nacional. El Congreso de Colombia.
Decreto 2811 de 1974	18 diciembre de 1974	Código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente
Decreto 1791 de 1996	04 octubre de 1996	Régimen de aprovechamiento forestal, regulando actividades administrativas en el sector público y privado, respecto al uso, manejo, aprovechamiento y conservación de los bosques y flora silvestre.

Documento	Año	Reglamentación
Resolución 1687 de 2015	08 septiembre de 2015	Corporación Autónoma Regional del Quindío, Regulación de los recursos naturales en temporada seca y la incidencia del “Fenómeno del niño” y la formulación de requerimientos a los sectores domésticos, productivos y de servicios.
Resolución 438 de 2001	23 mayo de 2001	Por la cual se establece el Salvoconducto Único Nacional para la movilización de especímenes de la diversidad biológica.
Resolución 1740 de 2016	26 octubre de 2016	Por la cual se establecen los lineamientos generales para el manejo, aprovechamiento y establecimiento de Guaduales y Bambusales estableciendo para la protección y producción de los mismos, entre otros aspectos.
NORMA TECNICAS COLOMBIANA APLICABLE EN LOS ENSAYOS		
Norma Técnica NTC Colombiana ICONTEC 5300	26 febrero de 2006	Cosecha o postcosecha del culmo de la Guadua Angustifolia Kunth
Norma Técnica NTC Colombiana ICONTEC 5525	26 septiembre de 2007	Regula los Métodos de Ensayo para determinar las propiedades física y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth
Norma Técnica NTC Colombiana ICONTEC 6100	10 diciembre de 2014	Se manifiesta en “Etiquetas Ambientales Tipo I Sello Ambiental Colombiano “Criterios ambientales para productos de primera y segundo grado de transformación en la utilización de la Guadua Angustifolia Kunth
Norma Técnica NTC Colombiana - 10	2010	El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) es el reglamento colombiano encargado de regular las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable.
Norma Técnica NTC Colombiana ICONTEC 5301	21 marzo de 2018	Preservación y secado del culmo de la Guadua Angustifolia Kunth
Norma Técnica NTC Colombiana	23 mayo de 2018	Regula las uniones de estructura con la Guadua Angustifolia Kunth

Documento	Año	Reglamentación
ICONTEC 5407		
Norma ASTM G154- 12	05 junio 2012	Envejecimiento acelerado UV Norma
Norma Técnica NTC Colombiana 4435	2010	Una hoja de seguridad para materiales describe los riesgos de un material y suministra información sobre cómo se puede manipular, usar y almacenar el material con seguridad
Norma Técnica NTC Colombiana 1486	2009	Documentación, Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación.

Fuente: Varias fuentes de consulta, Rodríguez González Jair, 2020.

A continuación, se destacan leyes, decretos y normas más generales del trabajo de grado:

“Antes de la “ley 99 de 1993 Ley General del Medio Ambiente en Colombia, el Gobierno Nacional genero unos decretos para la regulación del manejo de la flora y bosques silvestres en la nación, uno de los más destacados fue el Decreto 2811 de 1974, proporcionando pautas directas para la creación de la Ley General”²⁷, que a hoy establece las directrices tanto en el sector público como en el privado, encargados de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, en esta jurisprudencia se ve la necesidad de crear un organismo de control para ir generando esquemas ambientales ,sociales que sean acordes a la protección del medio ambiental , es así, que se “crea SINA (Sistema Nacional Ambiental),quien es considerado el rector de toda la gestión ambiental del territorio colombiano; Sigue en su orden descendiente el Ministerio del Medio Ambiente, Corporaciones Autónomas Regionales (C.A.R), Departamentos, Distritos y Municipios respectivamente”²⁸.

“Las Normas Técnicas Colombianas NTC- ICONTEC. Estructuro directrices claras y precisas para el de manejo, prevención, control e implementaciones, la Guadua Angustifolia Kunth, en donde buscan garantizar las buenas prácticas de este material altamente renovable y noble. Dentro de lasque se presentan NTC5300, NTC5525, NTC6100, NTC5301, NTC5407 entre otras, permitiendo estándares de

²⁷Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia. (5 de Mayo de 2019). Leyes Colombianas. Recuperado el Agosto de 2019, de <https://www.datos.gov.co/Justicia-y-Derecho/Leyes-en-Colombia/h4q8-8vwg>

²⁸MINAMBIENTE. op. cit., p. 34.

calidad en el cultivo, producción y manejo entre otras actividades concernientes a la guadua”²⁹.

Ministerio de Ambiente, (2010)...“Decreto 1791 del 4 de octubre de 1996 Régimen de aprovechamiento forestal, el presente decreto tiene por objeto regular las actividades de la administración pública y de los particulares respecto al uso, manejo, aprovechamiento y conservación de los bosques y la flora silvestre con el fin de lograr un desarrollo sostenible”.

Ministerio de Ambiente, (2010)...“Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974: Este código tiene por objeto lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad que aseguren el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, la disponibilidad permanente de estos y la máxima participación social, para beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio nacional. Prevenir y controlar los efectos nocivos de la explotación de los recursos naturales no renovables sobre los demás recursos”.

“Por medio de la ley 55 de 1993, se regulo convenio número 170 y recomendaciones número 177: La Organización Mundial de la Salud (OMS)estableció las Fichas Internacionales de Seguridad Química ICSC International Chemical Safety Cards, , son documentos en donde se recopila en forma clara y concisa la información esencial en materia de seguridad y salud en utilización en productos químicos, la Organización ICSC, es un organismo de control conjunto a la Organización Mundial De La Salud (OMS) y la Oficina Internacional Del Trabajo (OIT), con la cooperación de la comisión europea”³⁰.

²⁹ INCOTEC 5525. Métodos de ensayo para determinar las propiedades Físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia. Bogotá. 2007.

³⁰OMS. op. cit., p. 37.

5. ESTADO DEL ARTE

5.1 INVESTIGACIÓN DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA Y SU USO CONSTRUCTIVO EN LA ACTUALIDAD

La construcción en Guadua es una de las técnicas locales que representa la arquitectura colombiana en la actualidad, ya que es un material noble, es amigable, favorable para su entorno, es un material empleado en la construcción de estructura de viviendas, puentes, kioscos, este materia ecológico debido a sus propiedades de rápido crecimiento se puede adquirir fácilmente en Colombia. Campesinos, arquitectos y constructores han adoptado el denominado “acero vegetal”³¹ en muchos de sus proyectos que se funden con el paisaje, ya que con un manejo adecuado se puede emplear en los diferentes pisos térmicos que tiene Colombia. También ofrece diferentes tipos de textura y tono de colores naturales, presenta un sentido estético brillante y sutil a sus construcciones.

Durante los últimos 35 años las técnicas de manejo de la Guadua se han perfeccionado de manera que ha permitido su utilización en sistemas estructurales, cerramientos, muebles e incluso lencería, el Arquitecto Simón Vélez pionero y más reconocido en este gremio, menciona que la Guadua "No es un material para pobres o ricos, es para seres humanos" y es por ello que se debe aprovechar este material renovable, resistente, duradero, ecológico y sostenible.

China, India y Colombia son los países que han desarrollado mejores técnicas de construcción con bambú: los dos primeros han experimentado su uso incluso en proyectos estructurales como puentes colgantes y cúpulas. Mientras Colombia actualmente se ha destacado en la construcción de viviendas y como material para aligerar losas de grandes edificios.

Después de la catástrofe natural del “terremoto ocurrido el día 25 de enero de 1999 en el eje cafetero colombiano, que afectó gravemente la infraestructura de la zona, ocasionando un impacto inmediato sobre la Guadua angustifolia Kunth,

³¹Herrera Catalán, N. (18 de Diciembre de 2010). Bambú para contrarrestar el cambio climático. Recuperado el Febrero de 2020, de BBC Mundo: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2010/12/101209_bambu_contra_cambio_climatico
<https://mail.google.com/mail/u/2/#inbox/FMfcgxwHMZGdmGJvCLxMxngMkNdWVbrT>
<https://www.q-lab.com/es-es/products/quv-weathering-tester/quv>
<https://guaduabambucolombia.com/tag/norma-tecnica-ntc-colombiana-5525-metodos-de-ensayo-para-determinar-las-propiedades-fisicas-y-mecanicas-de-la-guadua-angustifolia-kunth/>; <https://www.who.int/uv/publications/en/uvispa.pdf>.
https://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/investigacion_Bambu_colombia.pdf

debido a que este material fue para los sobrevivientes, una alternativa inmediata en la reconstrucción. Se realizó una búsqueda intensiva de las investigaciones existentes en Universidades, Centros de Investigación, Centros de documentación, Corporaciones Regionales, etc., reportando 180 trabajos originales³² entre los cuales encontramos temas desde la Biología, Silvicultura, Tecnología en la construcción, Tecnología de poscosecha, ciencias económicas y otros, de los cuales se logró apropiar información la cual es de gran importancia para el desarrollo de la investigación.

5.2 INVESTIGACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA

Uno de los problemas actuales sobre las características físico-mecánica de la guadua, es que la documentación de dichas investigaciones no se encuentra homologada; para tener un orden de magnitud y representatividad de los ensayos de laboratorio realizados por el (I.A.P.M.C.S) Instituto Alemán de Pruebas de Materiales de Construcción Civil de Stuttgart en el mes de Noviembre del año 1999, para el pabellón ZERI de Colombia en ExpoHannover, en la guadua variedad “macana” procedente del eje cafetero, se muestran los resultados dejando claro que estos no corresponden a los límites sino a los de diseño:

- Compresión. Sigma: 18 N/mm², (lamda): 0, Módulo de Elasticidad: 18.400 N/mm²
- Tensión. Sigma 4 18 N/mm², Módulo de Elasticidad: 19.000 N/mm²
- Flexión: Sigma 18 N/mm², Módulo de Elasticidad: 17.900 N/mm²
- Cortante: Tau –sin cemento en el canuto- 1.1 N/mm²
- Peso Específico: 790 Kg/m³.

Haciendo un símil entre una varilla de hierro de 1 cm² de sección menos de 1/2”-resiste a la tracción 40 K_N (KiloNewton); una guadua con una sección de 12 cm² resiste 216 K_N, por ello es conocida como el acero vegetal.

Recordemos que la guadua trabaja muy bien al flexión, comprensión y a la tracción se tiene siempre el inconveniente de cómo sujetarla eficientemente, “otra desventaja es que trabaja mal al aplastamiento perpendicular a su longitud; por consiguiente, las estructuras de Guadua deben calcularse como barras articuladas

³²Córdoba Mosquera, K. (2009). Resistencia natural de guadua angustifolia Kunth. Al ataque de hongos ligninolíticos como alternativa hacia nuevas posibilidades de uso. Trabajode grado. Bogotá: Facultad de Ciencias. Universidad la Javeriana.

en los empates, pues en ninguno de estos nudos puede estimar como una estructura a porticada”³³.

Al realizar un análisis de la posible influencia que pueda ejercer la exposición a los rayos UV sobre las propiedades mecánicas de la guadua, en la actualidad los resultados encontrados sobre el comportamiento de la Guadua estructuralmente son resultados atípicos, esto debido a la cantidad de variables que influyen en las propiedades mecánicas de la Guadua.

Adicionalmente, se sabe que este material de origen natural, en la mayoría de los casos en los cuales se emplea, se encuentra expuesto a la radiación (U.V), conociendo con anterioridad los efectos de estos rayos en las propiedades físico-químicas de la guadua, es necesario observar la afectación que se presenta en las propiedades mecánicas del mismo, por eso es necesario realizar más estudios referentes a este material, a sus propiedades, su comportamiento y a los factores que puedan afectar la estabilidad del mismo, para así poder fomentar su producción e implementación en procesos constructivos de mayor magnitud, además, se busca incentivar futuras investigaciones relacionadas al área.

5.3 INVESTIGACIÓN DE LA AFECTACIÓN DE LOS RAYOS ULTRAVIOLETA EN LA GUADUA ANGUSTIFOLIA

Radiación ultravioleta o radiación (U.V), es una parte de la energía radiante (o energía de radiación) del sol. Esta luz solar es energía radiante electromagnética, la cual está compuesta principalmente por el espectro de luz ultravioleta, la luz invisible e infrarroja que se transmite en forma de ondas electromagnéticas en cantidad casi constante.

Estas radiaciones son cambiantes cuando pasan a través de la atmósfera y solamente 2/3 de esta energía penetra el planeta tierra. “Los diferentes tipos de radiación ultravioleta, A, B y C presentan una longitud de onda de 100nm a 400nm, en forma de energía que no puede ser percibida por ningún órgano de los sentidos”³⁴.

La exposición a los rayos (U.V) de los materiales de construcción, en especial los

³³Osorio, J. (2006). Estructura interna de la guadua y su incidencia en las propiedades mecánicas. Universidad Nacional de Colombia, 1-14.

³⁴Hang, W.-h., & Chen , Q. (2012). Free Radical and X-ray Photoelectron Spectroscopy of Moso Bamboo After UV-B Irradiation. Guangzi Xuebao/Acta Photonica Sinica, 41(8), 893-897.

de origen natural, puede causar alteraciones en sus propiedades físico – mecánicas, estas son las “encargadas de indicar el comportamiento del material respecto a los esfuerzos a los cuales este se verá sometido, por lo tanto, es fundamental conocer que impacto genera esta exposición a rayos (U.V) sobre el materia”³⁵.

³⁵Urueña, Álvarez Mario Francisco. Un Material Natural de Características Asombrosas. eco arquitectura. http://www.arqsustentable.net/ecoarq_guagua.html. 2001.

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el comportamiento de la *Guadua Angustifolia Kunth*, sometida a la acción de rayos ultravioleta y contaminantes químicos (ozono, óxido de azufre, óxido de nitrógeno) en función del tiempo, para aplicaciones estructurales.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

De conformidad a los documentos consultados, se tomó como base estudios similares al planteado (referencias en la bibliografía) y así poder tener resultados comparativos o similares. Se planteó los siguientes objetivos específicos según el Árbol de Objetivos realizado (véase figura 25):

- Analizar de forma visual la *Guadua Angustifolia Kunth*, con componentes químicos (Ozono, Óxido de azufre, Óxido de nitrógeno).
- Analizar el comportamiento de la *Guadua Angustifolia Kunth*, expuesta a la radiación de los rayos ultravioleta.
- Realizar una matriz de comparación de los resultados de laboratorio entre una muestra contaminada vs una muestra no contaminada, para poder realizar las semejanzas de nuestra investigación.

7. ALCANCES Y LIMITACIONES

7.1 ALCANCE

Esta investigación perteneciente a la fase dos Etapa final se programó realizarse en el tiempo de Cuatro (4) meses, teniendo como referencia la fecha de presentación de trabajo de grado, durante este tiempo, se formuló el paso a paso de la investigación y presentación del trabajo de grado final, se tiene como alcance “Evaluar el comportamiento de la *Guadua Angustifolia* Kunth, sometida a la acción de rayos ultravioleta y contaminantes químicos (ozono, óxido de azufre, óxido de nitrógeno) en función del tiempo, para aplicaciones estructurales”. Para poder alcanzar este objetivo se deben realizar varios pasos de los cuales tenemos; analizar de forma visual el comportamiento de la *Guadua Angustifolia* Kunth cuando está expuesta a contaminantes químicos seleccionados y a la radiación de los rayos ultravioleta (U.V), por un tiempo de 28 días (días estipulados de mínimo 100 horas para los ensayos en la cámara de envejecimiento prematuro, envejecimiento acelerado UV Norma ASTM G154- 12), y así poder realizar al final del proceso una matriz de comparación de resultados obtenidos en el laboratorio entre una muestra contaminada vs una muestra no contaminada, al realizar las pruebas a compresión de las probetas en el laboratorio.

7.2 LIMITACIONES

Teniendo presente los diferentes factores que alteraron el desarrollo evolutivo de la investigación, como la declaratoria de emergencia COVID 19, declarada por la OMS y el Gobierno nacional de Colombia, al momento de expedir diversos decretos de aislamiento preventivo, automáticamente se presentaron varios inconvenientes en poder realizar los ensayos y prácticas de laboratorio, que se tenían planificado desarrollar, estas prácticas y ensayos de laboratorio se pretendían hacer en dos sedes universitarias como; la Universidad Católica de Colombia sede Bogotá y la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, en esta última no se pudo usar la Cámara de Envejecimiento Prematuro que inicialmente se había cotizado, no fue fácil conseguir laboratorios que cumplieran con todos los protocolos de Bioseguridad, también sobresalen las siguientes afectaciones como limitantes:

- El sobre costo de poder conseguir la *Guadua Angustifolia* Kunth, en otra ciudad, ya que las muestras que se tenían inicialmente como probetas, quedaron almacenadas (atrapadas) en el laboratorio de la Universidad Católica de Colombia sede Bogotá.

- El sobre costo en el alquiler de un laboratorio que cumpliera con todos los protocolos de Bioseguridad, para poder realzar las prácticas y los ensayos pertinentes en la máquina de ensayos de resistencia a compresión.
- No poder tener la disponibilidad de tiempo, para desplazarme o viajar a otras ciudades a realizar los ensayos e investigaciones pertinentes.
- El proceder y la programación de los ensayos adelantados y a realizar antes del estado de emergencia sanitaria, los cuales sufrieron un cambio y pausa en el proceso al iniciar la pandemia en nuestro país.
- No haber podido usar la máquina de envejecimiento prematuro, que se había cotizado en el laboratorio de la Universidad Nacional de Colombia (mirar anexo 5).
- No encontrar suficiente documentos relacionados con el tema desarrollado en la investigación.

Esta son las limitaciones más sobresalientes que se presentaron en el desarrollo de la presente investigación.

8. METODOLOGÍA

8.1 TIPO DE ESTUDIO

La presente trabajo, se desarrolló mediante una investigación experimental, para valorar el comportamiento de la *Guadua Angustifolia Kunth*, sometida a la acción de rayos ultravioleta y contaminantes químicos (Ozono, Óxido de Azufre, Óxido de Nitrógeno) en función del tiempo, y poder obtener los resultados en la aplicación de la resistencia estructural con pruebas a compresión, para lograr una matriz comparativa, entre las probetas contaminadas y no contaminadas que fueron expuestas a los rayos ultravioleta.

Es un proyecto institucional (Universidad Católica de Colombia) perteneciente a la línea de investigación (Gestión integral y dinámica de las organizaciones empresariales) Eje temático (SiGesco sistema de gestión en construcción).

8.2 FUENTES DE INFORMACIÓN

En el desarrollo de este trabajo se realizó haciendo la consulta de documentación encontrada en artículos científicos trabajos de grado, revistas, Libros existentes de *Guadua* y la mayoría de los datos web de la biblioteca de la Universidad Católica de Colombia sede Bogotá, “se seleccionó toda la información encontrada y que tuviese relación con el objeto a desarrollar en especial con rayos ultravioleta que afectan la *Guadua Angustifolia Kunth*, se encuentra relacionada en la bibliografía y estado del arte”(Universidad de Granada, s.f.).

8.3 DISEÑO METODOLÓGICO Y MATERIALES

El desarrollo del diseño metodológico que se empleó para este trabajo de grado se dividió en dos Fases, la primera está compuesta por dos etapas y la segunda fase comprende cuatro etapas.

8.4. DESARROLLO DEL DISEÑO METODOLÓGICO (PRIMERA FASE)

8.4.1 ETAPA UNO. (CONCEPTUAL). En la primera etapa, se realizó la recolección de la información de investigaciones semejantes al proyecto en desarrollo, en donde el factor determinante de la exposición de los rayos ultravioleta afecta las

propiedades mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth. En los documentos consultados sobresale la siguiente información encontrada y relacionada en el marco referencial, esta información está directamente relacionada con el comportamiento de la Guadua Angustifolia Kunth, para tal propósito se logró consultar varios textos los cuales están al alcance en la biblioteca de la Universidad Católica de Colombia, igualmente se consultaron varios artículos, revistas, publicaciones científicas, tesis y páginas de Internet todo referente a la Guadua Angustifolia Kunth, estas referencias se encuentran relacionadas en la Bibliografía pág. 88 a 92, y en el desarrollo del texto de grado, esta información se encuentra vinculada al trabajo de investigación en desarrollo.

Entre las consultas realizadas, el investigador encontró temas relacionado con la exposición de los rayos ultravioleta UV y el comportamiento mecánico de la Guadua Angustifolia Kunth la cual se encuentra referenciada en los siguientes títulos;

- Tesis de Grado, análisis de las propiedades mecánicas de la guadua expuesta y no expuesta a rayos UV, mediante técnicas estadísticas, Universidad Católica de Colombia, (Ramírez G. Carlos Fernando ,2019).
- Análisis de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Culmo De Guadua Angustifolia En La Construcción y estudio de un método de protección a la Intemperie, Universidad Católica de Colombia, (Torres Henry, Castiblanco R. Fernando, 2018).
- Experimental determination of characteristics values for Guadua angustifolia, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 2013.
- Investigaciones sobre Guadua angustifolia Kunth, realizadas en Colombia, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 2001.
- Bamboo as a structural element: species Guadua amplexifolia, Universidad de la Salle Bajío (México), 2016.

Las referencias consultadas son de gran importancia, ya que se puede extraer información valiosa para el proyecto de investigación.

8.4.2 ETAPA DOS. (METODOLOGÍA).En esta etapa hace parte el anteproyecto, en la cual el investigador desarrollo varias actividades relacionadas con el proyecto de investigación, donde se tuvo presente la elección de los contaminantes químicos, el presupuesto, el cronograma, y el alcance para continuar con la segunda fase de proyecto final.

Después de la selección de los químicos a usar se debió realizar la caracterización de los químicos contaminantes como lo son; el Ozono, Óxido de azufre y el Óxido de nitrógeno, con el propósito de conocer su contenido y evitar posibles accidentes, en los Anexos se encuentra la ficha internacional de seguridad

química de cada contaminante químico, para cuando llegue el momento de su manipulación al ser aplicados en las probetas de *Guadua Angustifolia Kunth*, mitigar posibles riesgos (véase el Anexo 2).

8.5 SEGUNDA FASE (PROYECTO FINAL)

8.5.1 ETAPA UNO.




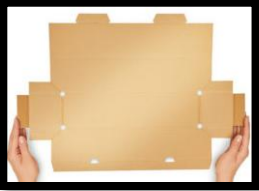



8.5.1.1 ANÁLISIS DOCUMENTAL. En esta etapa se recopiló información de diferentes fuentes como; artículos científicos, trabajos de grado, revistas, Libros existentes de *Guadua* y la mayoría de la datos web de la biblioteca de la Universidad Católica de Colombia sede Bogotá la cual se encuentra referenciada en la estructuración del trabajo de investigación en el marco de referencia (Pág.30), también se seleccionó toda la información encontrada y que tuviese relación con el objeto a desarrollar en especial con rayos ultravioleta que afectan la *Guadua Angustifolia Kunth*, para poder tener un punto de referencia, ya que existe muy poca información soportada, al final de este documento se puede consultar la Bibliografía donde se relaciona las diferentes fuentes consultadas.

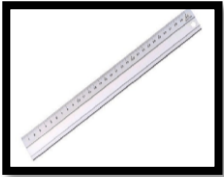

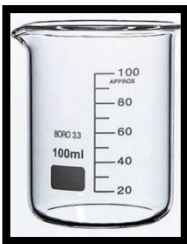

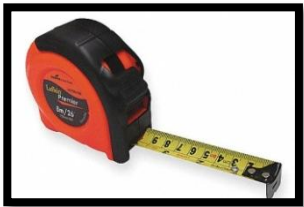

8.5.1.2 TIEMPO DE DESARROLLO. Teniendo presente la programación, corresponde con la etapa comprendida de cuatro (4) meses, después de volver a iniciar la selección y compra de las probetas de *Guadua Angustifolia Kunth* en el depósito denominado (*Guadua y Bambú Colombia* sede Soacha) y cortarlas como lo indica la NTC 5525 -2007 , y también iniciar la búsqueda de un laboratorio donde se pudiera realizar los ensayos a las probetas, que estuvieran ya contaminadas con los químicos y expuesta a los rayos ultravioleta por un periodo de tiempo.


8.5.2 ETAPA DOS PROCESO EXPERIMENTAL

8.5.2.1 ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH. En esta etapa se procedió a desarrollar todo el proceso de laboratorio, donde se empleó varios equipos, materiales y herramienta menor de gran importancia para poder identificar, clasificar y poder aplicar los diferentes químicos, entre las herramientas y equipos encontramos todo lo que a continuación se describe en la Tabla 9.

Tabla 10. Relación de Equipos, Herramienta menor y materiales.

Cant.	Equipo	Descripción	Fotografía
1	Balanza eléctrica	Equipo empleado para medir la masa de los objetos	
1	Rodillo para fibra	Herramienta menor para aplicar algunos químicos sobre las probetas	
1	Guantes quirúrgicos	Uso para protección en el momento de hacer los ensayos	
1	Cartón prensado	Uso como soporte	
1	Máquina de ensayos universal Metrotest 50kn	Equipo para hacer los ensayos a compresión	
1	Calibrador pie de Rey	Herramienta menor para sacar medidas más exactas	
1	Gramera	Equipo empleado para medir la masa de los objetos	

Cant.	Equipo	Descripción	Fotografía
1	Regla metálica	Tomar medidas más aproximadas	
1	Probeta	Instrumento volumétrico que consiste en un cilindro graduado de vidrio común que permite contener líquidos y sirve para medir volúmenes de forma exacta	
1	Vaso de precipitado	Es un recipiente cilíndrico de vidrio borosilicatado fino que se utiliza muy comúnmente en el laboratorio, sobre todo, para preparar o calentar sustancias, medir o traspasar líquidos	
1	Gafas de seguridad	Uso de protección personal y de seguridad	
1	Flexo metro	Es un instrumento de medida que consiste en una cinta flexible graduada y que se puede enrollar, haciendo que el arte sea más fácil.	
1	Termómetro análogo	Para tomar la temperatura ambiente	

Cant.	Equipo	Descripción	Fotografía
1	Cámara de rayos ultravioleta	Cámara para asimilar la transmisión de los rayos ultravioleta, genera una intensidad de 7 w/ m^2 por tubo en total fue 49 w/ m^2 que equivale a 0.02 kw/m^2	

Fuente: El Autor

Después de los decretos para iniciar el proceso de la reactivación económica de nuestro país, se llevó a cabo la reapertura de laboratorios de ensayos y la venta de depósitos madereros, en este depósito denominado (Guadua y Bambú Colombia sede Soacha), se logró conseguir la especie de Guadua Angustifolia Kunth de investigación, después se cortó y se alistó las probetas de Guadua Angustifolia Kunth, utilizando diferentes herramienta y equipos.

De esta manera se pudo continuar con los procesos establecidos en la etapa dos, denominada Procesos experimental, ya teniendo la probetas cortadas e identificadas, se buscó y se alquiló un laboratorio por un tiempo determinado de cuatro (4) horas este laboratorio se llama (INTERLABCO, el cual está ubicado en el municipio de Ubaté Cundinamarca), en este laboratorio se llevó a cabo la identificación y cuantificación física de cada “probeta y continuamente se procedió a la aplicación de los contaminantes químicos seleccionados (Ozono, Óxido de Azufre y Óxido de Nitrógeno) al aplicar estos químicos se tomaron todas las “medidas de precaución y seguridad industrial exigidas en el laboratorio”³⁶.

A continuación se relaciona el paso a paso ilustrativo, del proceso realizado en el laboratorio de INTERLABCO.

Alistamiento y preparación de probetas de Guadua Angustifolia Kunth.

³⁶Organización Mundial de la Salud OMS, 2019

Figura 10. Identificación de probetas.

Etapa Dos. Procesos Experimental		
Actividad		
Identificación de las probetas de Guadua Angustifolia Kunth		
Se realiza la caracterización física de cada probeta tomando su diámetro, espesor, masa, altura.		


Fuente: El Autor

Figura 11. Laboratorio de prácticas.

Actividad	
Laboratorio de prácticas	
Se alista equipos, los contaminantes químicos y accesorios para poder realizar las prácticas de laboratorio.	


Fuente: El Autor

Figura 12. Nomenclatura de identificación.

Actividad	
<p>Identificación de las probetas de <i>Guadua Angustifolia</i> Kunth</p>	<p>Nomenclatura para identificar las probetas</p> <p style="text-align: center;">001_A_N-Q</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p># de probeta</p> <p>Diámetro de la probeta</p> <p>Tiene o no tiene Nudo</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Químico</p> </div> </div> 
<p>Se realiza la caracterización física de cada probeta tomando su altura, espesor, masa, diámetro, los anteriores datos están relacionados en la Tabla 13. Matriz de comparación de resultados (NTC5525)</p>	

Fuente: El Autor.

Figura 13. Identificación de probetas.

Etapa Dos. Procesos Experimental	
Actividad	
Aplicación de los contaminantes químicos en el laboratorio de las practicas	
Selección de los contaminantes químicos que serán aplicados a las probetas de Guadua Angustifolia Kunth.	

Fuente: El Autor.

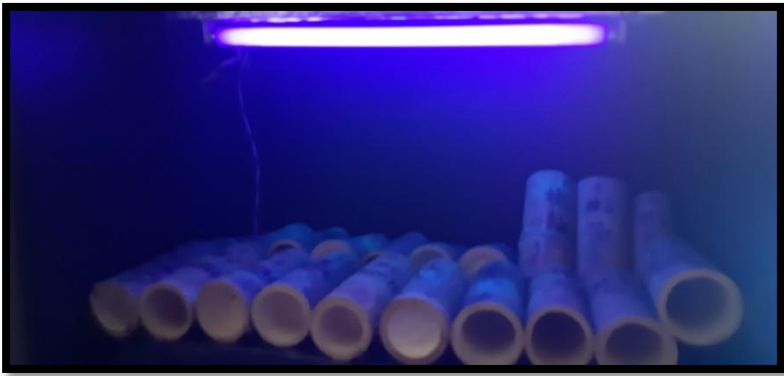
Figura 14. Aplicación de contaminantes químicos.

Actividad	
Aplicación de contaminantes químicos sobre las probetas de Guadua Angustifolia Kunth	
La aplicación de contaminantes químicos sobre las probetas de Guadua Angustifolia Kunth. (Información relacionada en los Anexos 2.)	

Fuente: El Autor.

8.5.2.2 PREPARACIÓN DE LA CÁMARA DE EXPOSICIÓN DE RAYOS ULTRAVIOLETA.La última actividad de esta etapa corresponde en identificar y colocar las probetas de Guadua Angustifolia Kunth a las cuales le fue aplicado los contaminantes químicos y las probetas no contaminadas se colocaron en la cámara de exposición de rayos ultravioleta (UV)durante 28 días continuos.

Figura 15. Cámara de envejecimiento prematuro.

Etapa Dos. Procesos Experimental	
Actividad	
Colocación de las probetas en la cámara de Rayos Ultravioleta (UV)	
Cámara de exposición de rayos ultravioleta, donde se colocaron las probetas de Guadua Angustifolia Kunth durante veintiocho (28) días continuos.(Información relacionada en el numeral 8.6.2 Resultados visuales en las pág. 71 – 80	

Fuente: El Autor.

Continuando con la Etapa de proceso experimental se colocaron las probetas ya listas en la cámara de Rayos Ultravioleta (UV), las cuales duraron un periodo de veintiocho (28) días continuos, durante este periodo se inspeccionó visualmente las probetas cada siete (7) días, para identificar el cambio en su estructura externa (ver tablas 12 a 16 resultados visuales).

Esta cámara de exposición de rayos ultravioleta genera una intensidad de 7 w/ m^2 por tubo en total genera 49 w/ m^2 que equivale a 0.02 kw/m^2 , la exposición se efectuará en 28 días continuos lo cual equivale en tener la Guadua expuesta a un (1) año, por este motivo debe estar expuesta las probetas las 24 horas, el funcionamiento de la cámara de ensayos luz ultravioleta se considera que es confiable, ya que reproduce el daño que ocurriría en el transcurso de meses o incluso años a la intemperie, como lo indica envejecimiento acelerado UV Norma ASTM G154- 12 además, se considera que la luz ultravioleta proporciona una radiación realista con respecto a la luz solar.

Esta inspección visual se realiza desde el primer día antes colocar la probetas en la cámara de exposición de rayos ultravioleta y posteriormente durante los días 0, 7, 14, 21 y 28, donde observamos aleatoriamente las probetas de Guadua Angustifolia Kunth en la que se les aplicaron los contaminantes químicos y las

probetas que no están contaminadas con químicos, estas probetas fueron expuesta en la cámara de rayos ultravioleta continuamente, se puede observar los resultados en las tablas 12 a la 16. de Probetas de Guadua Angustifolia Kunth día cero (0) hasta el día veintiocho (28).

Se puede evidenciar en las tablas desde la 12 a la 16 el análisis de la inspección de las probetas de Guadua Angustifolia Kunth, en estas tablas se realiza la inspección visual en diferentes días, teniendo presente la NSR-10 que se relaciona en el capítulo G.12 y en la inspección visual de colores y patologías existentes en la Guadua Angustifolia Kunth.

8.6 ETAPA TRES

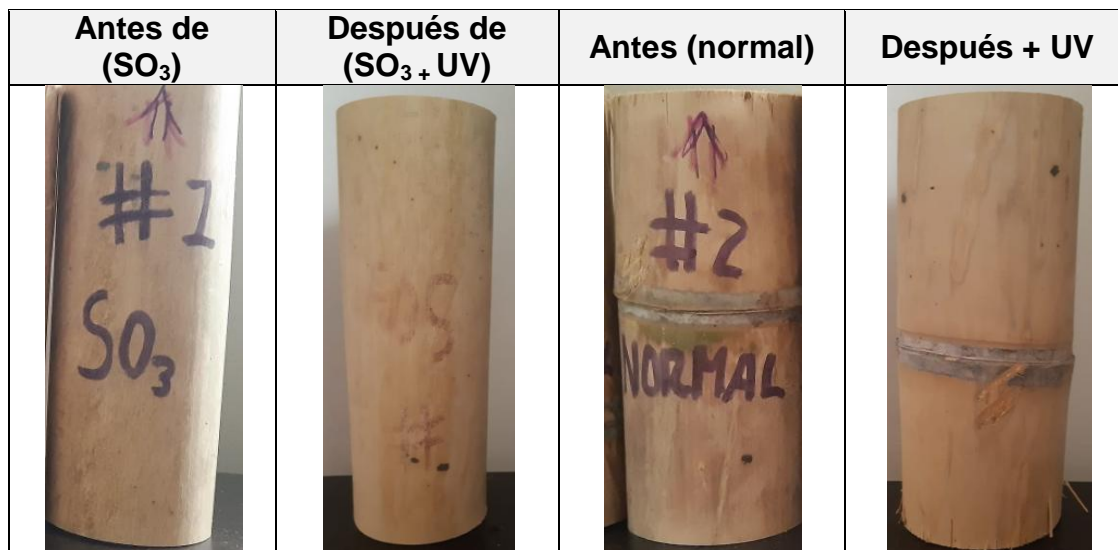
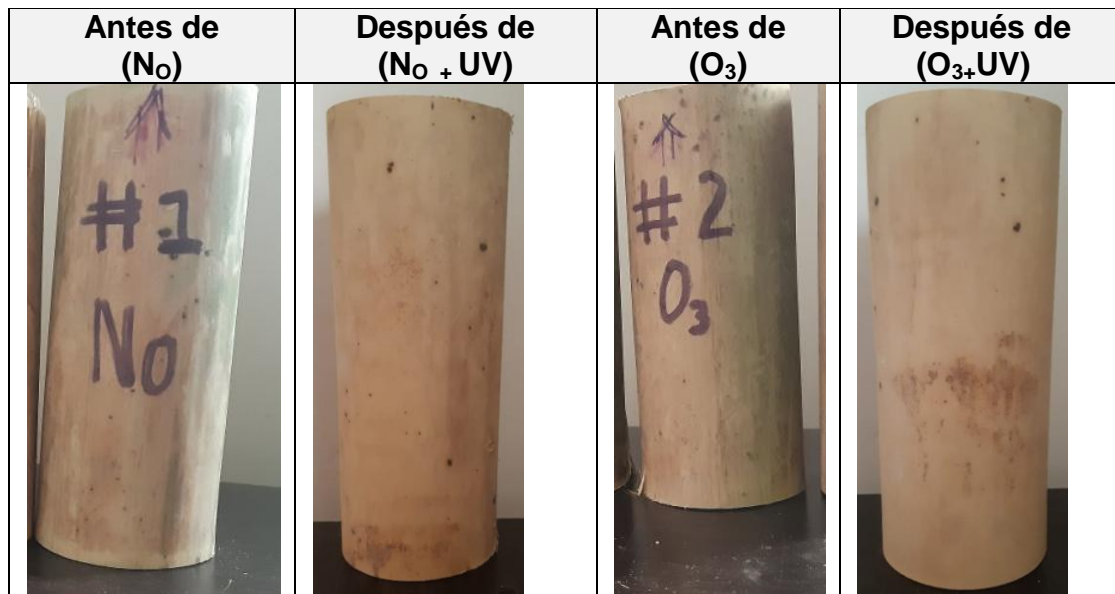
8.6.1 CONSTRUCCIÓN DE RESULTADOS PROCESO DEL VISUAL POST-CÁMARA DE RAYOS ULTRAVIOLETA.

Después de realizar todo el proceso de los veintiocho (28) días en la cámara de rayos ultravioleta, donde periódicamente se fue construyendo la tabla de Resultados visuales (ver tablas12 a la 16) donde se describe el comportamiento y reacción a los diferentes contaminantes químicos de cada probetas, teniendo presente la norma sismo resistente- 10 en el Título G.12, en la cual tenemos la siguiente clasificación ; la deformación inicial, presencia de fisuras, presencia de agrietamientos, y clasificación en su tonalidad en la capa exterior de la probeta, esta información obtenida es de gran importancia para saber el comportamiento y la reacción de las pobretas ante los contaminantes químicos seleccionados y cuyas probetas fueron expuestas a los rayos ultravioleta en el periodo relacionado.

En el ensayo realizado en la cámara de rayos UV, destacamos que la radiación ultravioleta, es el principal causante de la degradación de las superficies de madera y recubrimientos. “La luz ultravioleta transmitida por el sol inicia reacciones fotoquímicas en la superficie de la madera resultando deterioros visibles como un cambio de color por degradación de la lignina”³⁷ y fallas en la adhesión entre madera, recubrimientos y aumento de rugosidad de la superficie. Para lograr datos y resultados más asertivos se realizó en comparativo de probetas en el antes y el después de aplicar los químicos y de cumplir el tiempo estipulado.

³⁷Hang, W.-h., & Chen. Op cit., p. 48.

Tabla 11. Comparativo de probetas el antes y el despues (contaminantes quimicos).





Fuente: Resultados de laboratorio, Rodríguez González Jair, 2020

8.6.2 PATOLOGÍAS ENCONTRADAS DESPUÉS DEL PROCESO EN LA CAMARA DE RAYOS UV. En dos probetas se logró evidencia el fisuramiento transversal, después de los veintiocho (28) días de estar estas probetas en la cámara de rayos UV, este tipo de patología influye negativamente en los resultados a compresión como se evidencia en los resultados, se considera una patología ya que cumple con tres aspectos fundamentales como lo son (Causa, Síntomas, Daños). (véase tabla 18)

- Causa: Exposición a los rayos ultravioleta en la cámara de rayos UV (modo natural y Químico contaminante Ozono).
- Síntomas: Se evidencia la lesión exterior progresivos la cual va evolucionando
- Daños: Fisuramiento longitudinal.

Tabla 12. Patología relacionada.

Antes (normal)	Después + UV
	

Fuente: Resultados de laboratorio, Rodríguez González Jair, 2020

8.6.3 MATRIZ DE COMPARACIÓN DE RESULTADOS VISUALES

Tabla 13. Análisis de la inspección visual de las probetas de Guadua Angustifolia Kunth día cero (0).

Observación: se sacaron aleatoriamente las probetas con diferente contaminante químico y al natural que están expuestas a los rayos ultravioleta, y así poder realizar la inspección visual

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp. (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr- 10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
Probeta (Natural)	0	11:00 a.m.	15.5°C	284	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se realiza la inspección visual antes de ingresar la probeta de la Guadua Angustifolia Kunth a la cámara de rayos ultravioleta su clasificación será denominada en este momento como normal
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales al largo del eje neutro		X	
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	
Ozono (O₃)	0	11:00 a.m.	15.5°C	286	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se realiza la inspección visual antes de ingresar la

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp. (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr- 10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	probeta de la Guadua Angustifolia Kunth a la cámara de rayos ultravioleta su clasificación será denominada en este momento como normal.
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales alo largo del eje neutro		X	
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	
Óxido de azufre (SO ₃)	0	11:00 a.m.	15.5°C	287	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se realiza la inspección visual antes de ingresar la probeta de la Guadua Angustifolia Kunth a la cámara de rayos ultravioleta su clasificación será denominada en este momento como normal
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales alo largo del eje neutro		X	
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos		X	

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp. (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr- 10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
					xilófagos			
Óxido de nitrógeno (No)	0	11:00 a.m.	15.5°C	288	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se realiza la inspección visual antes de ingresar la probeta de la Guadua Angustifolia Kunth a la cámara de rayos ultravioleta su clasificación será denominada en este momento como normal
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro		X	
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	

Fuente: Resultados visuales iniciando, Rodríguez González Jair, 2020.

Tabla 14. Análisis de la inspección visual de las probetas de Guadua Angustifolia Kunth día Siete (7).

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp. (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr-10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
Probeta (Natural)	7	6:20 a.m.	13.8°C	284	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se saca la probeta de la cámara de rayos ultravioleta y se observa la parte exterior más clara, la cual se puede denominar o clasificar como de color blanco.
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro		X	
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	
Ozono (O₃)	7	6:20 a.m.	13.8°C	286	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se saca la probeta de la cámara de rayos ultravioleta y se observa la parte exterior más clara, la cual se puede denominar o clasificar como de color blanco, se
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro		X	

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp. (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr-10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	presenta pérdida de brillo
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	
Óxido de azufre (SO ₃)	7	6:20 a.m.	13.8°C	287	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se saca la probeta de la cámara de rayos ultravioleta y se observa la parte exterior más clara, la cual la se puede denominar o clasificar entre los tonos de amarillo y color blanco, presenta pérdida de brillo.
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro		X	
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	
Óxido de nitrógeno (NO)	7	6:20 a.m.	13.8°C	288	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se saca la probeta de la cámara de rayos ultravioleta y se observa la parte exterior más clara,
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp. (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr-10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro		X	la cual se puede denominar o clasificar como un color blanco.
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	

Fuente: Resultados visuales día séptimo, Rodríguez González Jair, 2020

Tabla 15. Análisis de la inspección visual de las probetas de Guadua Angustifolia Kunth día Catorce (14).

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp. (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr-10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
Probeta (Natural)	14	11:00 a.m.	15.5°C	283	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se saca la probeta de la cámara de rayos ultravioleta y se observa la parte exterior en una tonalidad amarilla.
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	No presenta fisuras
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro		X	No presenta perforaciones visibles
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	No presenta agrietamientos
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	
Ozono (O₃)	14	11:00 a.m.	15.5°C	285	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se saca la probeta de la cámara de rayos ultravioleta y se observa la parte exterior en una tonalidad

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp. (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr-10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
								amarilla
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	No presenta fisuras
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro		X	No presenta perforaciones visibles
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	No presenta agrietamientos
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	Presenta pérdida de brillo.
Óxido de azufre (SO ₃)	14	11:00 a.m.	15.5°C	286	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se saca la probeta de la cámara de rayos ultravioleta y se observa la parte exterior en una tonalidad amarilla
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	No presenta fisuras

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp. (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr-10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro		X	No presenta perforaciones visibles
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	No presenta agrietamientos
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	
Óxido de nitrógeno (N _o)	14	11:00 a.m.	15.5°C	287	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se saca la probeta de la cámara de rayos ultravioleta y se observa la parte exterior en una tonalidad amarilla.
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	No presenta fisuras.
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro		X	No presenta perforaciones visibles.
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	No presenta agrietamientos.

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp. (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr-10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	Presenta pérdida de brillo.

Fuente: Resultados visuales día catorceavo, Rodríguez González Jair, 2020

Tabla 16. Análisis de la inspección visual de las probetas de Guadua Angustifolia Kunth día veintiuno (21).

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr-10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
Probeta (Natural)	21	6:12 a.m.	13,5°C	282	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se saca la probeta de la cámara de rayos ultravioleta y se observa la parte exterior en una tonalidad amarilla
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	No presenta fisuras
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro		X	No presenta fisuras visibles
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	No presenta perforaciones

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr-10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	No presenta perforaciones visibles No presenta agrietamientos.
Ozono (O₃)	21	6:12 a.m.	13,5°C	284	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se saca la probeta de la cámara de rayos ultravioleta y se observa la parte exterior en una tonalidad amarilla.
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	Presenta leves fisuras longitudinales.
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro	X		Si presenta perforaciones visibles.
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	No presenta agrietamientos.
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	Presenta pérdida de brillo.

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr-10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
Óxido de azufre (SO ₃)	21	6:12 a.m.	13,5°C	285	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se saca la probeta de la cámara de rayos ultravioleta y se observa la parte exterior en una tonalidad amarillamiento y rojizo claro.
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	No presenta fisuras
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro		X	No presenta perforaciones visibles
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	No presenta agrietamientos.
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	Presenta pérdida de brillo.
Óxido de nitrógeno (NO)	21	6:12 a.m.	13,5°C	286	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se saca la probeta de la cámara de rayos ultravioleta y se observa la parte exterior en una tonalidad amarilla.

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr-10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	No Presenta fisuras longitudinales
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro		X	No presenta perforaciones visibles
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	No presenta agrietamientos.
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	Presenta resequedad en sus fibras longitudinales.

Fuente: Resultados visuales día vigésimo primero, Rodríguez González Jair, 2020.

Tabla 17. Análisis de la inspección visual de las probetas de Guadua Angustifolia Kunth día veintiocho (28).

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr-10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr-10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
Probeta (Natural)	28	10:30 a.m.	14.8°C	282	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se saca la probeta de la cámara de rayos ultravioleta y se observa la parte exterior en una tonalidad amarilla.
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	No Presenta fisuras longitudinales.
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro		X	No presenta perforaciones visibles.
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	No presenta agrietamientos.
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	Presenta resequedad en sus fibras longitudinales.

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr-10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
Ozono (O ₃)	28	10:30 a.m.	14.8°C	284	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se saca la probeta de la cámara de rayos ultravioleta y se observa la parte exterior en una tonalidad amarillamiento y rojizo claro.
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	Presenta leves fisuras longitudinales.
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro	X		Si presenta perforaciones visibles.
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	No presenta agrietamientos.
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	Presenta pérdida de brillo.

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr-10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
Óxido de azufre (SO ₃)	28	10:30 a.m.	14.8°C	285	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar figura 10)		X	Se saca la probeta de la cámara de rayos ultravioleta y se observa la parte exterior en una tonalidad de amarillamiento y rojizo claro.
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	No presenta fisuras.
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro		X	No presenta perforaciones visibles.
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	No presenta agrietamientos
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	Presenta pérdida de brillo.
Óxido de nitrógeno (NO)	28	10:30 a.m.	14.8°C	286	G.12.3.2.1 Deformación inicial del eje mayor al 0,33% (mirar 9)		X	Se saca la probeta de la cámara de rayos ultravioleta y se observa la parte exterior en una tonalidad amarilla.

Contaminantes químicos	Día	Hora	Temp (°C)	Peso (g)	Clasificación visual por defectos nsr-10 g.12			Inspección visual probeta
					Descripción	SI	NO	
					G.12.3.2.2 Presenta Conicidad superior al 1.0%		X	No Presenta fisuras longitudinales.
					G.12.3.2.3 Presenta fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro		X	No presenta perforaciones visibles
					G.12.3.2.4 Presenta agrietamientos superiores o iguales al 20%		X	No presenta agrietamientos.
					G.12.3.2.5 Presenta perforaciones por insectos xilófagos		X	Presenta resequedad en sus fibras longitudinales.

Fuente: Resultados visuales día vigésimo octavo, Rodríguez González Jair, 2020.

8.6.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN VISUAL. Análisis de resultados de la inspección visual de las probetas de *Guadua Angustifolia Kunth* las cuales fueron expuesta durante veintiocho (28) días continuos o en su equivalencia a un total de 672 horas aproximadamente, según se evidencia en el análisis plasmado en las tablas 12 a la 16, este análisis se realizó teniendo presente algunos aspectos relacionados en el título G de la NSR-10 donde encontramos cambios notorios como la coloración de su estructura exterior, adoptando varios colores según el contaminante químico aplicado, resaltando colores entre blanco y amarillento, ocasionados por el medio ambiente (analogía cámara de rayos UV) como la radiación solar (luz ultravioleta, visible e infrarroja), humedad y cambios de temperatura. El conjunto de estos elementos como su interacción son puntos claves que intervienen en el proceso de envejecimiento y agrietamiento superficial de la guadua.

Teniendo presente el planteamiento del objetivo General “Evaluar el comportamiento de la *Guadua Angustifolia Kunth*, sometida a la acción de rayos ultravioleta y contaminantes químicos (ozono, óxido de azufre, óxido de nitrógeno) en función del tiempo, para aplicaciones estructurales”, para poder alcanzar este objetivo general tenemos desglosados la investigación en objetivos específicos en los cuales se evidencia los siguientes análisis de resultados obtenidos:

- Al analizar de forma visual la *Guadua Angustifolia Kunth*, cuando está expuesta a acción de diferentes químicos contaminantes como el (Ozono, Óxido de azufre, Óxido de nitrógeno) y en estado natural antes de ingresar a la cámara de rayos ultravioleta en sus primeras hora no presenta una reacción sobresaliente, para este análisis se tiene presente la Norma Sismo Resistente del 2010 en su capítulo G. numeral g.12 donde se determina que su estado es normal.
- El siguiente análisis de resultados consiste en Analizar el comportamiento de la *Guadua Angustifolia Kunth*, cuando está expuesta a la radiación de los rayos ultravioleta en la cámara, se nota en la inspección visual realizada que al transcurrir los siete (7) días iniciales, las probetas que fueron contaminadas con Ozono empieza a evidenciar un cambio notorio en su pérdida de brillo su capa exterior tiende a opacarse, las demás probetas que fueron contaminadas con Óxido de azufre, Óxido de nitrógeno, no presentan algún cambio notorio.
- Al transcurrir los catorce (14) días de las probetas que fueron contaminadas y en estado natural que están expuesta en la cámara e rayos ultravioleta, se realiza la inspección visual donde se evidencia que las probetas han cambiado su tonalidad a un color amarillento y las probetas con contaminantes químico de Ozono sigue presentando brillo en su capa exterior.

- Al transcurrir los veintiún (21) días de las probetas con exposición en la cámara de rayos ultravioleta, en el proceso de la inspección visual se percibe que algunas probetas contaminadas con Ozono están presentando fisuras longitudinales, las probetas con contaminante de Óxido de azufre presentan una tonalidad rojiza en su parte exterior y pérdida de brillo.
- Al llegar al día veintiocho (28) las probetas presentan las siguientes observaciones como resultado de la inspección visual realizada las probetas en estado natural tienden a presentar fisuramientos longitudinales y cambio de color en la parte exterior de la Guadua.
- Las probetas que se le aplicaron el contaminante químico Ozono son las que más variación tuvo durante el proceso, encontramos cambio de color en su textura exterior de un amarillento paso a un rojizo claro, también presenta leves fisuras longitudinales y pérdida de brillo.
- Las probetas que se aplicó el químico contaminante de óxido de nitrógeno son las que menos cambios presentaron en su aspecto exterior solo presentaron resequedad en sus fibras internas.
- En términos generales en este proceso de la cámara de rayos ultravioleta, la acción que genera esta degradación tiene como resultados visibles: la pérdida de brillo, cambio de matiz, laminación (ampollas), craqueo o agrietamiento y amarillamiento.
- En este proceso se logra evidenciar patologías como el agrietamientos, este tipo de patologías (véase tabla 18) ocasionan la perdidas en sus propiedades físicas, como se puede evidenciar en el ensayo a compresión (véase tabla 19. Matriz de comparación de resultados NTC 5525).
- En el numeral 8.6.2 se puede evidenciar en las figuras de las probetas el antes y el después al aplicar los contaminantes químicos y expuestas a los rayos ultravioleta los cambios físicos en la superficie de la guadua, como se genera la decoloración y agrietamiento.

8.7. Proceso Desarrollado en el ensayo a compresión de las probetas. Para poder alcanzar el objetivo final de realizar una matriz de comparación de los resultados de laboratorio entre una muestra contaminada vs una muestra no contaminada, para poder realizar las semejanzas de nuestra investigación, se tuvo presente la Norma Técnica Colombiana 5525, después de terminar los veintiocho

días (28) en la “cámara de Rayos Ultravioleta (U.V)”³⁸, se retiraron y se llevaron las probetas para realizar el ensayo a compresión en el laboratorio seleccionado.

Se realizó con cinco (5) probetas por cada contaminante químico y 5 probetas en su estado natural que fueron expuesta a los rayos ultravioleta, para un total de 20 unidades de probetas, las cuales fueron inicialmente clasificadas, cuantificadas para poder determinar sus propiedades físicas antes de ser introducidas y colocada, siguieron los lineamientos establecidos en la Norma Técnica NTC Colombiana 5525, métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua Angustifolia Kunth*, se debe colocar de tal forma que el centro del cabezal móvil esté verticalmente sobre el centro de la sección transversal de la probeta y se aplica inicialmente una carga pequeña, no mayor a 1kN, para acomodar la probeta.

- La carga se debe aplicar continuamente durante el ensayo para hacer que el cabezal móvil de la máquina de ensayo se desplace a una velocidad constante de 0,01 mm/s.
- Cuando sea necesario se deben realizar lecturas de deformación (%), la cantidad necesaria de veces para poder hacer un diagrama lo más exacto posible de la deformación frente a la carga, a partir de la cual se determina el valor de E.
- Se debe registrar la lectura final de la carga máxima a la cual falla la probeta.
- El esfuerzo último de compresión se debe determinar con la siguiente fórmula:

(Esfuerzo normal)
$$\sigma_{ult} = F_{ult} / A$$

En donde:

- σ_{ult} = es el esfuerzo último de compresión, en MPa (o N / mm²)
- F_{ult} = es la carga máxima a la cual falla la probeta, en N.
- A = es el área de la sección transversal (2.3), en mm².

El módulo de elasticidad (E) se debe calcular a partir del valor medio de las lecturas de los deformímetros como una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación, en un rango entre el 10 % y el 60 % de F_{ult} .

Para la determinación de la resistencia a compresión de la *Guadua Angustifolia Kunth*, se utilizó la Prensa Universal de Ensayos MTS, se dispuso de esta máquina a una velocidad de 1,3 mm/s. Para este ensayo se dispuso de 20 probetas de las cuales solo cuatro (4) probetas presenta nudo en su culmo y el

³⁸Hang, W.-h., & Chen. Op. Cit., p. 48.


restante de probetas no lo presenta, adicionalmente estas probetas de *Guadua Angustifolia Kunth* están clasificadas de acuerdo a su diámetro, se cuenta con probetas con diámetros de 7 a 8 centímetros. Se sobrecargaron 5 probetas ya que la Prensa Universal tiene un límite de carga de 300 K_N.

Después de hacerla identificación y caracterización de las probetas, se hace el ensayo a compresión de las veinte (20) probetas obteniendo los siguientes resultados los cuales están cuantificados en la Tabla 15. Matriz de comparación de resultados

8.7.1 MATRIZ DE COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO DEL ENSAYO A COMPRESIÓN. Después de realizar todo el proceso de los veintiocho (28) días en la cámara de rayos ultravioleta y construir las tablas de Resultados de inspección visual de las probetas de *Guadua Angustifolia Kunth* como lo indica la norma sismo resistente en el título g.12, se obtiene los resultados los cuales están relacionado desde la tabla 12 hasta la tabla 16, donde se describe cada grupo de probetas con sus respectivos contaminantes químicos según el tiempo transcurrido para su análisis de cada grupo, después de cumplir el tiempo total de los veintiocho(28) días consecutivos, se sacan las probetas y se llevan al laboratorio contratado para realizar el ensayo a compresión de las 20 probetas.


En este último proceso, se llevan las veinte (20) probetas de *Guadua Angustifolia Kunth* al laboratorio denominado Suelos Global Civil Interventorías y Construcción, el cual está ubicado en el municipio de Chiquinquirá (Boyacá), este laboratorio presta el servicio para poder hacer el ensayo a compresión y así poder determinar la resistencia de las probetas de *Guadua Angustifolia Kunth* las cuales estuvieron sometidas con los contaminantes químicos seleccionados (Ozono, Óxido de Azufre y Óxido de Nitrógeno) y también continuamente en función de tiempo de veintiocho (28) a la acción de los rayos ultravioleta, con este propósito se pretende conseguir resultados de gran importancia para la investigación cumpliendo con el objetivo general y así poder elaborar la matriz de resultados final para poder obtener varias conclusiones, de esta manera terminando el alcance final establecido en la metodología del trabajo de grado.

Figura 16. Ensayo probeta a Compresión SO_3 .

Etapa Tres. Procesos Experimental	
Actividad	
<p>Probetas contaminadas y no contaminadas al ensayo a compresión NTC 5525</p>	


Fuente: El Autor.

Figura 17. Ensayo probeta a Compresión O_3 .

Etapa Tres. Procesos Experimental	
Actividad	
<p>Probetas contaminadas y no contaminadas al ensayo a compresión NTC 5525</p>	


Fuente: El Autor.

Figura 18. Ensayo probeta a Compresión Normal.

Etapa Tres. Procesos Experimental	
Actividad	
<p>Probetas contaminadas y no contaminadas al ensayo a compresión NTC 5525</p>	

Fuente: El Autor.

Figura 19. Ensayo probeta a Compresión NO.

Etapa Tres. Procesos Experimental	
Actividad	
<p>Probetas contaminadas y no contaminadas al ensayo a compresión NTC 5525</p>	

Fuente: El Autor.

MATRIZ FINAL DE COMPARACION DE RESULTADOS ENSAYO A COMPRESION (NTC 5525)

Tabla 18. Tabla 18. Matriz de comparación de resultados (NTC5525).

Probeta N°	Fecha Rotura	Días	e promedio (cm)	D promedio (cm)	L promedio (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (g)	R:L/d	Carga Ultima Compresión (Kg)	Resistencia a la Compresión	
											Kgf/cm ²	Psi
# 1. Normal	19/10/2020	28	0,91	8,73	24,46	59,90	1464,11	282	2,80	8198,39	136,86	1946,62
# 2. Normal	19/10/2020	28	0,92	8,70	23,88	59,45	1419,59	283	2,74	8181,14	133,52	1899,10
# 3. Normal	19/10/2020	28	0,91	8,77	24,25	60,41	1464,88	282	2,77	8202,35	130,33	1853,72
# 4. Normal	19/10/2020	28	0,90	8,79	24,86	60,68	1508,58	281	2,83	8178,14	140,38	1996,67
# 5. Normal	19/10/2020	28	0,91	8,82	23,01	61,10	1405,87	282	2,61	8180,22	135,65	1929,39
#1.NO	19/10/2020	28	0,85	8,32	20,21	54,37	1098,76	283	2,43	8533,35	166,32	2365,62
#2.NO	19/10/2020	28	0,96	8,15	20,42	52,17	1065,27	285	2,51	6082,32	110,32	1569,11
#3.NO	19/10/2020	28	0,97	8,20	20,38	52,81	1076,27	285	2,49	6114,33	109,14	1552,33
#4.NO	19/10/2020	28	0,96	8,12	20,39	51,78	1055,89	284	2,51	6014,63	118,33	1683,01
#5.NO	19/10/2020	28	0,95	8,14	20,40	52,04	1061,62	286	2,51	6102,42	117,32	1668,80
#1.O3	19/10/2020	28	0,97	8,10	20,43	51,53	1052,93	286	2,52	5914,26	114,77	1632,41
#2.O3	19/10/2020	28	0,85	8,32	20,21	54,37	1098,76	283	2,43	8533,35	166,32	2365,62
#3.O3	19/10/2020	28	0,84	8,35	20,30	54,76	1111,63	284	2,43	8688,85	168,14	2391,51
#4.O3	19/10/2020	28	0,86	8,33	19,80	54,50	1079,06	282	2,38	8602,22	160,16	2278,01
#5.O3	19/10/2020	28	0,86	8,34	19,85	54,63	1084,38	281	2,38	8555,52	170,60	2426,50
#1.SO3	19/10/2020	28	0,77	7,90	21,63	49,02	1060,39	285	2,74	10186,80	207,82	2955,94
#2.SO3	19/10/2020	28	0,77	7,92	21,10	49,27	1039,50	286	2,66	10220,82	222,24	3160,99
#3.SO3	19/10/2020	28	0,78	7,90	22,00	49,02	1078,37	286	2,78	10242,86	218,64	3109,79
#4.SO3	19/10/2020	28	0,76	7,91	21,50	49,14	1056,53	284	2,72	10162,62	205,45	2922,18
#5.SO3	19/10/2020	28	0,75	7,90	21,80	49,02	1304,89	285	2,76	10185,62	214,13	3015,64
Promedio		28	0,87	8,29	21,54	54,00	1164,38	284	2,60	8254,01	157,32	2236,15

Fuente: Resultados de laboratorio, Rodríguez González Jair, 202

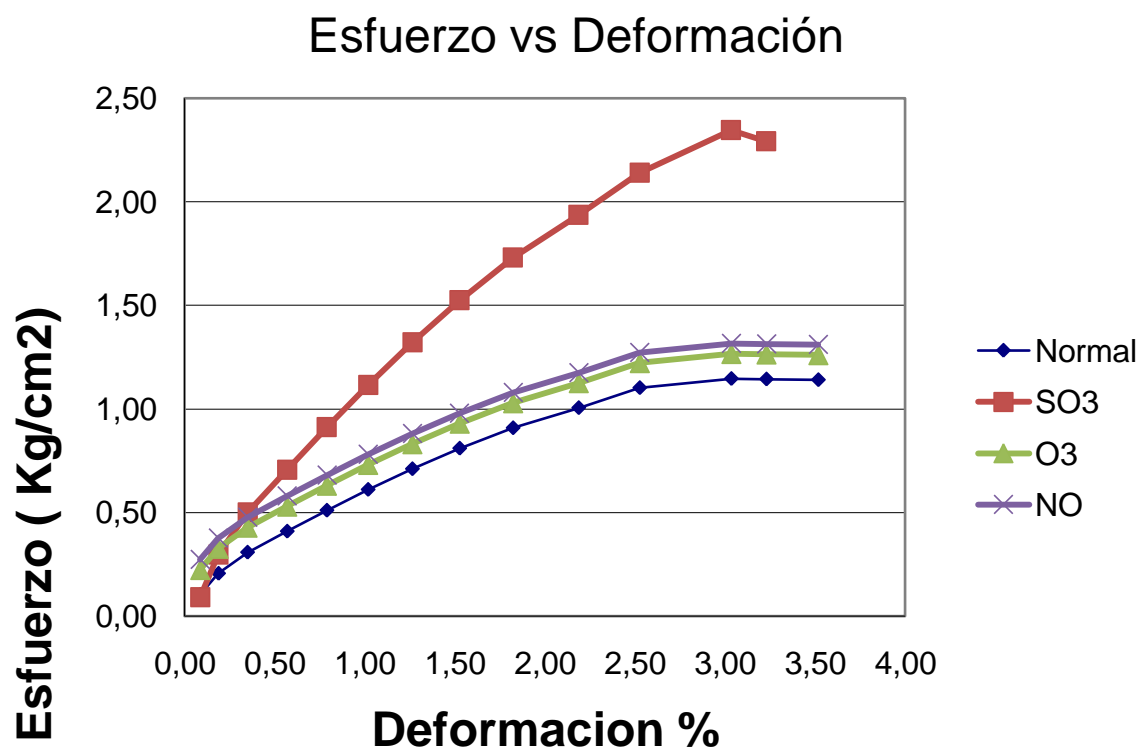
8.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS DESPUÉS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN.

En este ensayo de laboratorio se utilizó la Prensa Universal de Ensayos, se determinó la resistencia al compresión de 20 probetas cumpliendo con el objetivo de aplicaciones estructurales, de las cuales todas las 20 probetas fueron expuesta a los rayos ultravioleta en un tiempo de 28 días continuos, especificando que fueron divididas en grupo de 5 probetas cada uno con diferentes químicos y en el estado natural (vease la Tabla 19.)

La velocidad que se utilizó para la realización de esta práctica de laboratorio es de velocidad constante de 1.13 mm/s.

Si analizamos cada contaminante químico tenemos:

Figura 20. Grafica de Esfuerzo vs Deformación.



Fuente: Resultados de laboratorio esfuerzo vs deformación, Rodríguez González Jair, 2020.

8.8.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Al determinar la resistencia a la compresión de la *Guadua Angustifolia Kunth*, se pudo evidenciar que, al aumentar o disminuir el diámetro de las probetas seleccionadas se evidencia que los esfuerzos últimos también aumentan.
- Durante los ensayos de laboratorio evidenciamos que el corte de las probetas de *Guadua Angustifolia Kunth* influye en la resistencia a la compresión de estas, ya que en las probetas que no contaban con un corte a 90° respecto a la dirección de sus fibras fallaban a menor carga que las probetas que contaban con el corte de 90° respecto a la dirección de sus fibras.
- Se evidencia que las probetas que tienen culmo cercano a los 90° influye su resistencia en su eje longitudinal.
- Las probetas que no contaban con este alineamiento fallaron en su nudo, mientras que las probetas restantes fallaron entre 2 centímetros y 5 centímetros debajo de la superficie donde se aplicó la carga.
- Se observa la pérdida de resistencia de las probetas que fueron expuestas con contaminante químico de Óxido de nitrógeno (NO) y a los rayos ultravioleta continuamente por veintiocho (28) días.
- Los resultados obtenidos en los ensayos de compresión arrojaron que las muestras naturales necesitaron de un mayor esfuerzo de compresión, esto se debió a que todas las probetas de *Guadua Angustifolia Kunth* no tienen las mismas características como diámetro interno, externo y entre otros factores que influyen en los resultados por lo que es difícil obtener datos precisos.
- Los promedios de esfuerzo máximo también presentan diferencias significativas de acuerdo al contaminante químico que le fue aplicado, alguno presentando un mejor promedio.
- La variable de esfuerzo de compresión presenta diferencias significativas en sus promedios de esfuerzo máximo según si presenta nudo esta presenta un mayor promedio.
- En el análisis de los resultados de la resistencia mecánica en función del ambiente de exposición a rayos ultravioleta y reactivos químicos, se evidencia en la matriz de comparación de resultado con las probetas en estado normal.
- Se estaría cumpliendo con lo establecido en la norma Sismo Resistente 2010 en el capítulo G. en el método de diseño estructural en esfuerzos admisibles F_c a compresión estaría sobre el promedio de 14 MPa (Véase Figura 11.)

Debemos tener presente para el esfuerzo admisible y modulo de elasticidad, toda Guadua que cumpla con los requisitos establecidos en la NRS-10 en los numerales G.12.3.1 y G.12.3.2 , debe utilizar para efectos de cálculo los valores de esfuerzo admisible y módulos de elasticidad consignados en la tablas G.12.7-1 y G.12.7-2 respectivamente y que fueron obtenidos según lo estipulado en G.12.7.4

Figura 21. Grafica de Esfuerzo vs Deformación.

Tabla G.12.7-1
Esfuerzos admisibles F_i (MPa), CH=12%

F_b Flexión	F_t Tracción	F_c Compresión \parallel	F_{p^*} Compresión \perp	F_v Corte
15	18	14	1.4	1.2

\parallel = compresión paralela al eje longitudinal.

\perp = compresión perpendicular al eje longitudinal.

*La resistencia a la compresión perpendicular está calculada para entrenudos rellenos con mortero de cemento.

Fuente: Norma Sismo Resistente Capitulo G. pag.G-109.

Tabla 19. Análisis de resultados estadístico probetas en estado normal sin contaminante químico

Ensayo a Compresión probeta Estado Normal			
Probeta N°	Carga Ultima Compresión (Kg)	Resistencia a la Compresión	
		Kgf/cm ²	Psi
# 1. Normal	8198,39	136,86	1946,62
# 2. Normal	8181,14	133,52	1899,10
# 3. Normal	8202,35	130,33	1853,72
# 4. Normal	8178,14	140,38	1996,67
# 5. Normal	8180,22	135,65	1929,39
Promedio	8188,05	135,35	1925,10
Desviación estándar	11,39	3,75	53,33
Coeficiente de variación (%)	0,0014	0,0277	0,0277
Percentil 5	8181,14	135,65	1929,39

Tabla 20. Análisis de resultados estadístico probeta con el contaminante químico oxido de ozono (NO)

Ensayo a Compresión probeta contaminante químico Oxido de Nitrógeno (NO)			
Probeta N°	Carga Ultima Compresión (Kg)	Resistencia a la Compresión	
		Kgf/cm²	Psi
#1.NO	8533,35	166,32	2365,62
#2.NO	6082,32	110,32	1569,11
#3.NO	6114,33	109,14	1552,33
#4.NO	6014,63	118,33	1683,01
#5.NO	6102,42	117,32	1668,80
Promedio	6569,41	124,29	1767,77
Desviación estándar	1098,55	23,85	339,22
Coeficiente de variación (%)	0,1672	0,1919	0,1919
Percentil 5	6102,42	117,32	1668,8

Tabla 21. Análisis de resultados estadístico probeta con el contaminante químico oxido de ozono (O3)

Ensayo a Compresión probeta contaminante químico Ozono (O₃)			
Probeta N°	Carga Ultima Compresión (Kg)	Resistencia a la Compresión	
		Kgf/cm²	Psi
#1. O ₃	5914,26	114,77	1632,41
#2. O ₃	8533,35	166,32	2365,62
#3. O ₃	8688,85	168,14	2391,51
#4. O ₃	8602,22	160,16	2278,01
#5.O ₃	8555,52	170,60	2426,50
Promedio	8058,84	156,00	2218,81
Desviación estándar	1200,34	23,37	332,37
Coeficiente de variación (%)	0,1489	0,1498	0,1498
Percentil 5	8555,52	166,32	2365,62

Tabla 22. Análisis de resultados estadístico probeta con el contaminante químico oxido de nitrógeno (SO₃)

Ensayo a Compresión probeta contaminante químico Oxido de Azufre (SO₃)			
Probeta N°	Carga Ultima Compresión (Kg)	Resistencia a la Compresión	
		Kgf/cm²	Psi
#1.SO ₃	10186,80	207,82	2955,94
#2.SO ₃	10220,82	222,24	3160,99
#3. SO ₃	10242,86	218,64	3109,79
#4. SO ₃	10162,62	205,45	2922,18
#5. SO ₃	10185,62	214,13	3015,64
Promedio	10199,74	213,66	3032,91
Desviación estándar	31,81	7,07	100,99
Coeficiente de variación (%)	0,0031	0,0331	0,0333
Percentil 5	10186,803	214,13	3015,64

Tabla 23. Análisis de resultados estadístico cuantificación general de las probetas

Ensayo a Compresión probetas Resumen General de resultados			
Probeta N°	Carga Ultima Compresión (Kg)	Resistencia a la Compresión	
		Kgf/cm²	Psi
Promedio	8254,01	157,32	2236,15
Desviación estándar	1520,49	38,71	548,23
Coeficiente de variación (%)	0,1842	0,2460	0,2452
Percentil 5	8367,85	150,27	2137,34

- Teniendo presente los diferentes análisis estadísticos, se observa que las probetas en estado normal sin aplicarle contaminante químico se encuentra entre los rangos establecidos por la NSR-10.
- Se observa que el menor coeficiente de variación lo presenta las probetas con el Oxido de Azufre con un 0.0031% y el de mayor coeficiente de variación tenemos el estado normal.

9. CONCLUSIONES

- Se observa en la inspección visual, que el contaminante químico que hizo presentar más modificaciones en su estructura externas de la Guadua Angustifolia Kunth, fue la del contaminante químico de Óxido de azufre (SO_3) con respecto a su estado natural.
- Se observa en la inspección visual, que las probetas de Guadua Angustifolia Kunth en su estado natural y expuesta a los rayos ultravioletas por veintiocho (28) días ocasiono resequedad en sus fibras longitudinales, influyendo en menos resistencia a compresión.
- Se observa en la inspección visual, que las probetas de Guadua Angustifolia Kunth con contaminante químico Ozono (O_3), Presenta fisuras perimetrales en los nudos y no fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro.
- Se observa una pérdida progresiva de la masa de las diferentes probetas de Guadua Angustifolia Kunth que estuvieron expuestas a los rayos ultravioleta continuamente en los veintiocho (28) días. (ver tabla N°15)
- Se observa en el ensayo a compresión que las probetas de Guadua Angustifolia Kunth que se le aplico Óxido de azufre (SO_3) y que fueron expuestas en la cámara de rayos ultravioleta presento un mayor esfuerzo al momento de la prueba.
- Se observa en el ensayo a compresión que las probetas de Guadua Angustifolia Kunth que se le aplico Óxido de nitrógeno (NO) y que fueron expuestas en la cámara de rayos ultravioleta por veintiocho (28) días obtuvieron el menor esfuerzo al momento de la prueba.
- Las probetas contaminadas con Óxido de azufre (SO_3) se observa que adquirieron una mayor fortaleza en sus fibras longitudinales, según resultados a compresión.
- La probeta de Guadua Angustifolia Kunth tanto con contaminantes químicos como en estado natural no presenta deformación inicial del eje mayor al 0,33% (ver figura 10)
- La capacidad de resistencia a la compresión de las probetas de Guadua Angustifolia Kunth es mayor en probetas con sus extremos cortados a 90° respecto a la fibra de la Guadua. expuestas con Óxido de azufre SO_3 es mayor su resistencia a la compresión. (mirar Matriz de comparación de resultados)

- El envejecimiento acelerado mediante la acción de rayos Ultra violeta en condiciones ambientales controladas, solo afecta a las probetas con contaminante químicos de óxido de azufre.
- Las probetas con contaminante químico de Óxido de azufre (SO_3) en los resultados a compresión sobre pasa lo requisito exigidos en la NSR-10, se presume que este químico fortaleció sus fibras longitudinales.

10. RECOMENDACIONES

- La Guadua tiene fibras naturales muy fuertes, que la hacen muy ventajosa frente a otros materiales, se recomienda buscar una mejor estandarización o normatividad para que pueda ser más usada en el campo de la construcción y pueda sustituir otro material.
- Se recomienda realizar más estudios minuciosos acerca de todos los beneficios aportados por la Guadua Angustifolia Kunth, con el fin de incentivar el uso de nuevos materiales amigables con el medio ambiente en la construcción.
- Se recomienda tener en cuenta los porcentajes de error que arrojan cada uno de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.
- Se recomienda analizar a través de microscopio electrónico las variaciones y cambios en las fibras que se producen en la Guadua Angustifolia Kunth una vez esta es sometida o expuesta a la radiación ultravioleta de acuerdo a los químicos constantemente, y realizar un cuadro comparativo del antes y después con el propósito de observar los cambios en su estructura y establecer el tipo de daño producido.
- Se recomienda mantener un control más estricto cuando se vayan a realizar ensayos de laboratorio sobre muestras de guadua, ya que como se mencionó anteriormente debido a las propiedades físicas no son homogéneas en sus diámetros.
- Se recomienda investigar la estructura interna con microscopio el por qué las probetas que se le aplicaron el contaminante químico de SO₃, adquirió aparentemente según los resultados mayor resistencia.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Ajay Pandey, Amboo Forest. (2019). *Árbol de Bambú*. Recuperado el Febrero de 2020, de Wallpaper: <https://www.pinterest.fr/pin/822399581925033244/>
- Arbeláez Arce , A. (2001). *Investigaciones sobre guadua angustifolia kunth realizadas en Colombia. (1950-2000)*. Medellín: Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia.
- Arias Restrepo, L. (2004). *El uso de la guadua como material para la construcción*. Obtenido de Periódico la Impronta: <https://guadaybambu.es.tl/El-uso-de-la-Guadua-en-la-Construccion.htm>
- Bambusa. (2018). *Tipos de uniones con bambú*. Obtenido de https://bambusa.es/portfolio_page/tipos-de-uniones-con-bambu/
- Caldwell, M. (2003). Terrestrial ecosystems, increased solar ultraviolet radiation and interactions with oth
- Cassi-Lit, M. (1997). UV-B irradiation induces differential leaf damage, ultrastructural changes and accumulation of species phenolic compounds in rice cultivares. *Aust J Plant Physiol*, 24(3), 261-274.
- Centro Nacional Para El Estudio Del Bambú-Guadua CNEBG. (2019). *Municipio de Salento*. Recuperado el Febrero de 2020, de <https://www.crq.gov.co/images/Centro> 14/06/2017
- Centro para el desarrollo técnico de la construcción e industria.Regional Quindío. Día nacional de la guadua. Armenia: La Empresa [citado: 19 de septiembre,2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://construccionquindio.blogspot.com/2008/10/da-nacionalde-la-guadua.html>>
- Cifuentes, X., Mejía, L., & Ruiz, J. (2013). Caracterización de la Guadua en el departamento de Quindío. *UGCiencia*, 19, 128 - 142.
- Colombia. Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. (2012). *Norma colombiana de siseño y construccion sismo resistente. Estructuras de madera y estructuras de Guadua. NSR 10-10. Título G.12*. Asociacion Colombiana de Sismología: Bogotá.
- Córdoba Mosquera, K. (2009). *Resistencia natural de guadua angustifolia Kunth. Al ataque de hongos ligninolíticos como alternativa hacia nuevas*

posibilidades de uso. Trabajode grado. Bogotá: Facultad de Ciencias. Universidad la Javeriana.

Ecohabitar. (2018). *La guadua: una maravilla natural de grandes bondades*. Recuperado el Febrero de 2020, de <https://ecohabitar.org/la-guadua-una-maravilla-natural-de-grandes-bondades/>

Ecured. (s.f.). *Trióxido de azufre*. Recuperado el 10 de Agosto de 2019, de Ecured: https://www.ecured.cu/Tri%C3%B3xido_de_azufre

Fernando, R. G. (2019). *Análisis de las propiedades mecánicas de la guadua expuesta y no expuesta a rayos UV mediante técnica estadísticas*. Universidad Católica de Colombia , Bogotá.

Garay, R. M. 2009. *Efectos de dos Protectores Superficiales en las Propiedades de Tableros de Madera después de un Año de Exposición a la Intemperie*. Información Tecnológica 20(4): 123-130

Gobernación de Quindío. (2013). *Identificación del departamento*. Recuperado el Agosto de 2019, de Gobernación de Armenia: <https://www.quindio.gov.co/el-departamento/generalidades/datos-geograficos-basicos>

Gudua Bambú. (2016). *¿Dónde crece la Guadua angustifolia?* Recuperado el Agosto de 2019, de <https://www.guaduabambu.com.co/informacion/que-es-la-guadua-angustifolia>

Hang , W.-h., & Chen , Q. (2012). Free Radical and X-ray Photoelectron Spectroscopy of Moso Bamboo After UV-B Irradiation. *Guangzi Xuebao/Acta Photonica Sinica*, 41(8), 893-897.

Herrera Catalán, N. (18 de Diciembre de 2010). *Bambú para contrarrestar el cambio climático*. Recuperado el Febrero de 2020, de BBC Mundo: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2010/12/101209_bambu_contra_cambio_climatico
<https://mail.google.com/mail/u/2/#inbox/FMfcgxwHMZGdmGJvCLxMxngMkNdWVbrT>
<https://www.q-lab.com/es-es/products/quv-weathering-tester/quv>

<https://guaduabambucolombia.com/tag/norma-tecnica-ntc-colombiana-5525-metodos-de-ensayo-para-determinar-las-propiedades-fisicas-y-mecanicas-de-la-guadua-angustifolia-kunth/>

<https://www.who.int/uv/publications/en/uvispa.pdf>.

- Moran, Jorge A. Traditional and Current Uses of Bamboo in Latin America, with emphasis in Colombia and Ecuador. INBAR- China. National Polytechnic School . Ecuador. 2001
- Moreno Molina, J. a. v. i. e. r. r. i. c. a. r. d. o., & Cendales Puente S, M. a. r. t. h. a. l. i. l. i. a. n. a. (2018, 10 noviembre). determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la guadua angustifolia kunth originaria de armenia quindio.
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23924/1/Determinación%20de%20las%20propiedades%20físicas%20y%20mecánicas%20de%20la%20Guadua%20Angustifolia%20Kunth.pdf>.
<https://biblioteca.ucatolica.edu.co/>
- Organización Mundial de la Salud OMS. (2019). *Fichas internacionales de seguridad química*. Recuperado el Agosto de 2019, de <https://www.who.int/ipcs/publications/icsc/es/>
- Osorio, J. (2006). Estructura interna de la guadua y su incidencia en las propiedades mecánicas. *Universidad Nacional de Colombia*, 1-14.
- Parihar, P. (2015). Changing scenario in plant UV-B research: UV-B from a generic stressor to a specific regulator. *J. Photochem. Photobiol. B Biol.*, 153, 334-343.
- Prías Barragán, J., Rojas González, C., Echeverry Montoya, N., Fonthal, G., & Ariza Calderón, H. (2011). Identificación de las variables óptimas para la obtención de carbón activado a Partir del precursor Guadua Angustifolia Kunth. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(135), 158-162.
- Ramírez Gálvez, C. f. (2019). Análisis de las propiedades mecánicas de la guadua expuesta y no expuesta a rayos UV mediante técnicas estadísticas. Universidad Católica de Colombia. Bogotá: Tesis de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Católica de Colombia.
- Rozema, J. (1997). Stratospheric ozone reduction and ecosystem processes: enhanced UV-B radiation affects chemical quality and decomposition of leaves of the dune grassland species *Calamagrostis epigeios*. *UV-B and Biosphere*, 17, 284-294.
- Salazar Jaramillo, Á., Pardo Saavedra, D., Vásquez Mesa, M., & Fonthal Rivera, G. (2011). Diseño e implementación de un prototipo no invasivo de medidor de agua para la Guadua angustifolia Kunth. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(4), 5-11.

- Saha, S., Kocaefe, D., Boluk, Y., et al.(2010). Enhancing exterior durability of jack pine by photo-stabilization of acrylic polyurethane coating using bak extract. Part 1: efecto of UV on color change and ATR-FT-IR analysis, process in organic coatings 70:376-382.
- Searles, P., Caldwell, M., & Winter, K. (1995). The response of five tropical dicotyledon species to solar ultraviolet-B radiation. American Journal of Botany, 82(4), 445-453.
- Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. (2006). La Guadua. Bogotá: SENA.
- Salazar Contreras, Jaime. y Correcha Ricaurte, Elliot. Comportamiento de columnas en guadua. En: Revista de Ingeniería Agrícola. (1981). p. 28 – 30.
- Sunflower (*Helianthus annuus* L., cv. Polstar) and Maize (*Zea mays* L, cv. Zenit 2000) Seedlings. En: Journal of Plant Physiology. Julio, 1995. Vol. 148. no. 2. p. 49-56
- Takeuchi Tam, C. (2012). Resistencia a la compresión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la Guadua angustifolia del municipio Pitalito-Huila. Neiva: Universidad Sur Colombiana De Estado.
- Universidad de Granada. (s.f.). El Ozono (O3). Recuperado el 10 de Agosto de 2019, de Universidad de Granada: <http://www.ugr.es/~cjl/ozono.pdf>
- Vallejo, E. (2013). Perspectiva genética de los rayos UV y las nuevas alternativas de protección solar. Revista Argentina de Dermatología, 94(3), 2-11.
- Vélez, S. (2009). Actualidad de la construcción de guadua en Colombia. Obtenido de Tesis Doctorales:https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6130/09_ES_D_Cos_pp_251_352.pdf?sequence=9
- Xinzhang, S. (2014). Interactive effects of elevated UV-B radiation and N deposition on decomposition of Moso bamboo litter. Soil Biology and Biochemistry, 69, 11-16.
- Yu, H.-x., Pan, X., Xu, M.-p., Yang, W.-m., Wang, J., & Zhuang, X.-w. (2018). Surface chemical changes analysis of UV-light irradiated Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens* Mazel). .R. Soc. open sci., 5(6), 1-8.
- Organización Mundial de la Salud. 2013. World Health Organization. World Health Organization. [En línea] 2013. [Citado el: 25 de agosto de 2019.]

UWE, Mark y TEVINI, Manfred. Combination Effects of UV-B Radiation and Temperature on

12. ABREVIATURAS

- A: área transversal de la probeta.
- cm: centímetros
- de: diámetro externo
- E: módulo de elasticidad.
- F_{ult} = Fuerza donde se presenta la falla
- G: gramos
- L: longitud.
- L_{ef} : longitud efectiva
- Km^2 : kilómetro cuadrado
- mm: milímetros
- m: metros
- m.s.n.m: metros sobre el nivel del mar
- Mpa: mega pascales
- N: newton
- NSR-10: norma sismo resistente 2010
- U.V: rayos ultravioletas

13. GLOSARIO

Antropogénico: Llamado también antrópico, se refiere al efecto ambiental provocado por la acción del hombre, a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana. Normalmente se usa para describir contaminaciones ambientales en forma de desechos físicos, químicos o biológicos como consecuencia de las actividades económicas, tales como basureros, escombreras o la producción de dióxido de carbono por consumo de combustibles fósiles.

Agente oxidante o Comburente: es un compuesto químico que oxida a otra sustancia en reacciones electroquímicas o de reducción-oxidación. En estas reacciones, el compuesto oxidante se reduce.

Basa: El diámetro es intermedio y la distancia entre nudos es mayor que en la cepa; es la parte del culmo de la guadua que más se utiliza; tiene una longitud aproximada de 11 metros.

Cepa: Primer segmento basal del culmo de guadua con longitudes que fluctúan entre 3 a 4 m; es la parte de la guadua que presenta el mayor diámetro y el mayor espesor de pared.

Copa: Es la parte apical de la guadua, con una longitud entre 1.20 a 2.00 metros.

Conicidad: Se define como la diferencia de los promedios de los diámetros en los extremos, dividida por la longitud entre ellos. Para la Guadua Angustifolia la conicidad del culmo no debe ser mayor que 0.006.

Contaminación: Es la introducción de sustancias u otros elementos físicos en un medio que provocan que éste sea inseguro o no apto para su uso. El medio puede ser un ecosistema, un medio físico o un ser vivo Guadua.

Combustibles fósiles: Los combustibles fósiles son cuatro: petróleo, carbón, gas natural y gas licuado del petróleo. Se han formado a partir de la acumulación de grandes cantidades de restos orgánicos provenientes de plantas y de animales.

Dióxido de azufre: El dióxido de azufre, u óxido de azufre (IV), es un óxido cuya fórmula molecular es SO_2 . Es un gas incoloro con un característico olor irritante. Se trata de una sustancia reductora que, con el tiempo, el contacto con el aire y la humedad, se convierte en trióxido de azufre

Dióxido de nitrógeno: El dióxido de nitrógeno u óxido de nitrógeno (IV), es un compuesto químico formado por los elementos nitrógeno y oxígeno, uno de los principales contaminantes entre los varios óxidos de nitrógeno.

Ensayo de compresión: El ensayo de compresión se realiza para determinar las propiedades de un material frente a una sollicitación axial negativa. Sollicitación que pretende comprimir la probeta de ensayo. El fin del ensayo de compresión puede ser determinar las propiedades de un material o el comportamiento de un componente o sistema completo frente a una sollicitación externa.

Fibra: Célula alargada con extremos puntiagudos y casi con paredes gruesas; típica de las maderas latifoliadas.

Guadua Angustifolia Kunth: Planta gramínea parecida al bambú que tiene un tallo arbóreo, espinoso y lleno de agua, que suele medir hasta 20 m de alto por 20 cm de ancho; se utiliza en la construcción de instalaciones rurales.

Hongo: En biología, el término fungí designa a un taxón o grupo de organismos eucariotas entre los que se encuentran los mohos, las levaduras y los organismos productores de setas.

Inoculación: En biología es ubicar algo que crecerá y se reproducirá, y comúnmente se utiliza esta con respecto a la introducción de suero sanguíneo, una vacuna o una sustancia dentro del cuerpo de un humano o de un animal, especialmente para producir inmunidad a una enfermedad específica.

Módulo de Young: El módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza.

Óxido de azufre: El óxido de azufre (VI) o trióxido de azufre es en condiciones normales un sólido incoloro de textura fibrosa, pero en condiciones estándar es un gas, un contaminante importante, siendo el principal agente de la lluvia ácida.

Ozono (O₃): El ozono es una sustancia cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, formada al disociarse los dos átomos que componen el gas oxígeno. Cada átomo de oxígeno liberado se une a otra molécula de oxígeno gaseoso, formando moléculas de ozono.

Pudrición: Este tipo de defecto corresponde a la descomposición de los culmos de guadua por ataque de agentes biológicos o humedad, que producen cambios en su apariencia, color y propiedades físicas y mecánicas.

Plántulas: Se denomina plántula a la planta en sus primeros estados de desarrollo, desde que germina hasta que se desarrollan las primeras hojas verdaderas.

Peróxido de Hidrógeno: Es el único agente germicida compuesta sólo de agua y oxígeno. Al igual que la capa de ozono, mata organismos patógenos por

oxidación. El peróxido de hidrógeno está considerado el desinfectante natural más seguro.

Preservación: Tratamiento que consiste en aplicar sustancias capaces de prevenir o contrarrestar la acción de algunos o varios tipos de organismos que destruyen o afectan la integridad de la guadua.

Preservante: Sustancia que se aplica para prevenir o contrarrestar por un periodo de tiempo, la acción de alguno o varios tipos de organismos capaces de destruir o afectar la guadua.

Radiación ultravioleta: Se denomina radiación ultravioleta o radiación UV a la radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida aproximadamente entre los 400 nm y los 15 nm.

Resistencia a la flexión: Es medida de la resistencia de un elemento o miembro estructural a las fuerzas flectoras. También llamada resistencia a la tracción y son pruebas realizada en la guadua con el fin de analizar en qué medida se ve afectada.

Resistencia a la tensión: Es una tensión máxima que puede soportar un material sometido a una carga de estiramiento sin romperse, la fórmula para conocer la flexión.

Rizoma: es un tallo modificado, subterráneo, que conforma el soporte de la planta. Es el lugar por donde la guadua absorbe los nutrientes. Se ha utilizado en estabilización de las laderas y prevención de la erosión producida por escorrentía, vientos fuertes y desmoronamiento.

Secado: proceso natural o artificial mediante el cual se reduce el contenido de humedad de la madera.

Sistema estructural: es el conjunto de elementos o componentes estructurales, o de subsistemas estructurales diseñados, detallados y ensamblados para resistir la totalidad o una porción de las cargas (verticales, horizontales o ambas) que actúan en una edificación, y para transferirlas al punto final de aplicación (cimentación) a través de una o más trayectorias continuas de carga.











Sobrebasa: el diámetro es menor y la distancia entre nudos es un poco mayor, comparado con la basa, la longitud es de aproximadamente cuatro metros.

Variables: refiere, en una primera instancia, a cosas que son susceptibles de ser modificadas (de variar), de cambiar en función de algún motivo determinado o indeterminado

14. ANEXOS

Anexos 1. Fichas Internacional de Seguridad.

Figura 22. Ficha internacional de seguridad SO3.

DÍÓXIDO DE AZUFRE		ICSC: 0074 Octubre 2006	
CAS: 7446-09-5 RTECS: WS4550000 NU: 1079 CE Índice Anexo I: 016-011-00-9 CE / EINECS: 231-195-2	Óxido sulfuroso Anhidrido sulfuroso Óxido de azufre SO₂ Masa molecular: 64,1	    	
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.		En caso de incendio en el entorno: usar medio de extinción adecuado.
EXPLOSIÓN			En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua pero NO en contacto directo con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
EXPOSICIÓN		¡HIGIENE Estricta!	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!
Inhalación	Tos. Jadeo. Dolor de garganta. Dificultad respiratoria.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
Piel	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas ajustadas de seguridad, pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica.
Ingestión			
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
¡Evacuar la zona de peligro! Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración. Consultar a un experto. Ventilar. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido.		Clasificación UE Símbolo: T R: 23-34 S: (1/2)-19-26-36/37/39-45 Nota: 5 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 2.3 Riesgos Subsidiarios de las NU: 8 Clasificación GHS Atención Contiene un gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas. Tóxico si se inhala el gas. Provoca irritación ocular. Provoca daños en las vías respiratorias si se inhala. Provoca daños en las vías respiratorias tras exposición prolongada o repetida. Nocivo para los organismos acuáticos.	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20S1079 or 20G2TC Código NFPA: H3; F0; R0;		Ventilación a ras del suelo. Mantener en lugar seco.	
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2007 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div> IPCS International Programme on Chemical Safety </div> <div>      </div> </div>			

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

(Continuación)

DIÓXIDO DE AZUFRE		ICSC: 0074
DATOS IMPORTANTES		
ESTADO FÍSICO; ASPECTO Gas incoloro o gas licuado comprimido, de olor acre.		VÍAS DE EXPOSICIÓN La sustancia se puede absorber por inhalación.
PELIGROS FÍSICOS El gas es más denso que el aire.		RIESGO DE INHALACIÓN Al producirse una pérdida de gas, se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.
PELIGROS QUÍMICOS La disolución en agua es moderadamente ácida. Reacciona violentamente con hidruro sódico. Ataca al plástico.		EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La inhalación puede originar reacciones asmáticas.
LÍMITES DE EXPOSICIÓN TLV: 2 ppm como TWA, 5 ppm como STEL; A4 (no es clasificable como cancerígeno humano); (ACGIH 2006). MAK: 0,5 ppm, 1,3 mg/m ³ ; Categoría de limitación de pico: I(1); Riesgo para el embarazo: grupo C; (DFG 2006).		EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA La exposición a inhalación prolongada o repetida puede originar asma.
PROPIEDADES FÍSICAS		
Punto de ebullición: -10°C Punto de fusión: -75,5°C Densidad relativa (agua = 1): 1,4 at -10°C (líquido) Solubilidad en agua, ml/100 ml a 25°C: 8,5 Presión de vapor, kPa a 20°C: 330 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2,25		
DATOS AMBIENTALES		
La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.		
NOTAS		
Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Los síntomas de asma no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Nadie que haya mostrado síntomas de asma debe entrar nunca en contacto con esta sustancia. NO pulverizar con agua sobre la botella que tenga un escape (para evitar la corrosión de la misma). Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape.		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
Límites de exposición profesional (INSHT 2014): VLA-ED: 0,5 ppm; 1,32 mg/m ³ VLA-EC: 1 ppm; 2,64 mg/m ³ Notas: Esta sustancia tiene prohibida total o parcialmente su comercialización y uso como fitosanitario y/o biocida.		
NOTA LEGAL Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.		
© IPCS, CE 2007		

Fuente: Organización Mundial de la Salud OMS, (2019)

**Figura 23. Ficha internacional de seguridad O3.
Tarjeta de Emergencia**

Sección 1. Identificación de producto Sustancia :	Clase:	
OXIDO NITROSO (N₂O)		UN 1070 NTC 3365 CGA G 8.2
Color Cilindro: Azul Eléctrico Válvula: CGA 326	GAS NO INFLAMABLE	Teléfono de emergencia 01 8000 514300 Medellín: 3736950
Propiedades Físicas y Químicas		Otras Propiedades
Estado Físico Concentración (fase gaseosa) Temperatura de Descomposición Densidad a 20°C a 1 atm:	Gas 98 % 600 °C 1.95 Kg/m ³	Solubilidad en agua: Débilmente soluble L.P.P: 50 ppm. L.P.A: 50 ppm. Apariencia y olor: Incoloro, sabor y olor Levemente dulce. Presión de vapor a 20°C (psia): 736 psig
Sección 2. Identificación de Peligros	Sección 3. Controles de exposición y protección personal	Sección 4. Estabilidad y reactividad
Gas comprimido y líquido a alta presión, acelera vigorosamente la combustión, puede causar sofocación por desplazamiento del aire. Altas concentraciones pueden causar daños respiratorios, desvanecimientos, náuseas, eventual inconsciencia por inadecuada proporción de oxígeno. Puede producir efectos anestésicos cuando se dan mezclas de 80% de N ₂ O y 20% de O ₂ . Los cilindros pueden explotar al ser calentados por el fuego.	No permita que los cilindros almacenados superen los 54° C. No transportar los cilindros en espacios confinados como porta-maletas de autos, van, station wagon, una fuga puede resultar en fuego, explosión, asfixia, los cilindros no deben ser arrastrados en el suelo. Use válvulas de chequeo o trampa en la línea de descarga para prevenir retrocesos peligrosos dentro del sistema. No lubricar ni intervenir equipos con aceites y/o grasas. El manejo de N ₂ O debe ser realizado por personal capacitado, esto debe incluir el uso de los E.P.P. adecuados: - Ropa de algodón - Lentes de seguridad. - Careta de protección facial. - Guantes y delantal criogénicos. - Zapatos de seguridad.	ESTABILIDAD: Estable. MATERIALES INCOMPATIBLES: Todos los materiales inflamables. El óxido nitroso servirá como el oxidante para la mayoría de los materiales inflamables. Algunos inflamables tendrán un límite inflamable más bajo en óxido nitroso que en oxígeno puro. Los agentes reductores poderosos reaccionarán violentamente. PRODUCTOS DE DESCOMPOSICION PELIGROSOS: A temperaturas elevadas, el óxido nitroso se descompone en nitrógeno y oxígeno. La velocidad de descomposición es apreciable a alrededor de 1112°F (600°C). El óxido nitroso expuesto al fuego u otra fuente calor intensa, puede descomponerse violentamente. POLIMERIZACION PELIGROSA: No ocurrirá.
Sección 5. Medidas de primeros auxilios	Sección 6. Medidas para extinción de incendios	Sección 7. Medidas en caso de vertido accidental
En caso de sobreexposición se requiere atención médica URGENTE. En caso de quemaduras criogénicas la atención médica es mandatoria. El rescate de personas debe ser con equipos de respiración autónomo. Si la persona está consciente asistirle en una zona no contaminada e inhalar aire fresco. Mover rápidamente desde el área contaminada es lo más importante. Por contacto dérmico o quemaduras criogénicas remover la ropa contaminada y limpiar las zonas afectadas con agua tibia, NO USE AGUA CALIENTE. En el contacto con los ojos por evaporación rápida del líquido, No lave con agua caliente o eventualmente tibia, abrir los párpados a la víctima para permitir la evaporación del líquido si la víctima no tolera la luz proteger los ojos con vendaje adecuado, remitir rápidamente a un oftalmólogo para tratamiento posterior.	Los cilindros que estén expuestos a fuego deben ser enfriados con agua mediante chorro directo a una distancia segura. Informar a bomberos del riesgo potencial de explosión de los recipientes y la acción voladora que pueden presentar. Si es posible retire los cilindros del lugar del fuego. Los cilindros pueden explotar al ser calentados por el fuego.	En caso de fuga o derrame desalojar a todo el personal desde el área afectada. Usar equipo de protección adecuada, si la fuga se produce en un equipo, asegúrese de purgar las tuberías con gas inerte antes de realizar las reparaciones. Si la fuga es desde un cilindro o su válvula contáctese con el Teléfono de Emergencia de Cryogas. Se deben detener todos los motores de vehículos cercanos y todos los trabajos de soldaduras, cortes y en general toda llama abierta y fuentes de ignición

Fuente: Organización Mundial de la Salud OMS, (2019)

Figura 24. Ficha internacional de seguridad Ozono.

OZONO			ICSC: 0068 Abril 2009
CAS: RTECS: CE / EINECS:	10028-15-6 RS8225000 233-069-2	O ₃ Masa molecular: 48.0	  
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible pero facilita la combustión de otras sustancias. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar, NO poner en contacto con combustibles.	En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado.
EXPLOSIÓN	Riesgo de incendio y explosión en contacto con sustancias combustibles.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión.	Combatir el incendio desde un lugar protegido.
EXPOSICIÓN		¡HIGIENE Estricta!	
Inhalación	Dolor de garganta. Tos. Dolor de cabeza. Jadeo. Dificultad respiratoria.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio y reposo. Posición de semincorporado. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Piel	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión			
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
¡Evacuar la zona de peligro! Consultar a un experto. Ventilar. Traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.		Clasificación GHS Peligro Puede provocar o agravar un incendio; comburente. Mortal si se inhala. Provoca irritación ocular. Provoca daños en los pulmones si se inhala. Provoca daños en los pulmones tras exposiciones prolongadas o repetidas si se inhala.	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
		A prueba de incendio, si está en local cerrado. Separado de todas las sustancias. Mantener en lugar fresco.	
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2009			
<div>IPCS International Programme on Chemical Safety</div> <div>     </div>			

Fuente: Organización Mundial de la Salud OMS, (2019)

(Continuación)


OZONO		ICSC: 0068
DATOS IMPORTANTES		
ESTADO FÍSICO; ASPECTO Gas incoloro o azulado, de olor característico.		VÍAS DE EXPOSICIÓN La sustancia se puede absorber por inhalación.
PELIGROS FÍSICOS El gas es más denso que el aire.		RIESGO DE INHALACIÓN Al producirse una pérdida de gas, se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.
PELIGROS QUÍMICOS La sustancia se descompone al calentarla suavemente, produciendo oxígeno y originando peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con compuestos orgánicos e inorgánicos, originando peligro de incendio y explosión. Ataca al caucho.		EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central, dando lugar a alteraciones funcionales. La inhalación de gas a una concentración por encima de 5 ppm, puede causar edema pulmonar (ver Notas). Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. El líquido puede producir congelación.
LÍMITES DE EXPOSICIÓN TLV: (trabajo ligero) 0.1 ppm como TWA; TLV: (trabajo moderado) 0.08 ppm como TWA; TLV: (trabajo pesado) 0.05 ppm como TWA; TLV: (trabajo pesado, moderado o ligero <= 2 horas) 0.2 ppm como TWA; A4 (no clasificable como cancerígeno humano) (ACGIH 2009). MAK: Cancerígeno: categoría 3B (DFG 2008).		EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida al gas.
PROPIEDADES FÍSICAS		
Punto de ebullición: -112°C Punto de fusión: -193°C Solubilidad en agua: ninguna Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.6		
DATOS AMBIENTALES		
Esta sustancia puede ser peligrosa para el medio ambiente; debe prestarse atención especial a los vegetales.		
NOTAS		
Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Debe considerarse la inmediata administración de un aerosol adecuado por un médico o persona por él autorizada. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en Abril 2010: ver Lucha contra incendios y Clasificación GHS.		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
Límites de exposición profesional (INSHT 2011): VLA-ED (trabajo pesado): 0,05 ppm; 0,1 mg/m³ VLA-ED (trabajo moderado): 0,08 ppm; 0,16 mg/m³ VLA-ED (trabajo ligero): 0,1 ppm; 0,2 mg/m³ VLA-ED (trabajo pesado, moderado o ligero, menor o igual a 2 horas): 0,2 ppm; 0,4 mg/m³		
NOTA LEGAL Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.		

Fuente: Organización Mundial de la Salud OMS, (2019)

Anexos 2. Resultados de Laboratorio




Página 1 de 1	ENSAYO
NORMA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE GUADUA PARALELAS A LA FIBRA


PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH, SOMETIDA A LA ACCIÓN DE RAYOS ULTRAVIOLETA Y CONTAMINANTES QUÍMICOS (OZONO, ÓXIDO DE AZUFRE, ÓXIDO DE NITRÓGENO) EN FUNCIÓN DEL TIEMPO, PARA APLICACIONES ESTRUCTURALES									
DIRIGIDO A :	INGENIERO JAIR RODRIGUEZ									
RESISTENCIA DE DISEÑO:										
FECHA:	20/10/2020									
Probeta N°	Tipo de Estructura	Fecha Rotura	Espesor (cm)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga (Kg)	R: L/d	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
									(Kg/cm²)	(Psi)
1	#1 O3	19/10/20	0,75	8,30	20,00	54,54	8636,859	2,39	158,35	2252,32
			0,98	8,30	19,90					
			0,81	8,40	19,80					
REF. TM 12 N. 158 Observaciones _____  ING. JIMMY VERGARA SILVA MP 15202-130100 BYC DIRECTOR GLOBALCIVIL INGENIERIA S.A.S.										



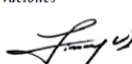
Página 1 de 1	ENSAYO
NORMA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE GUADUA PARALELAS A LA FIBRA

PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH, SOMETIDA A LA ACCIÓN DE RAYOS ULTRAVIOLETA Y CONTAMINANTES QUÍMICOS (OZONO, ÓXIDO DE AZUFRE, ÓXIDO DE NITRÓGENO) EN FUNCIÓN DEL TIEMPO, PARA APLICACIONES ESTRUCTURALES									
DIRIGIDO A :	INGENIERO JAIR RODRIGUEZ									
RESISTENCIA DE DISEÑO:										
FECHA:	20/10/2020									
Probeta N°	Tipo de Estructura	Fecha Rotura	Espesor (cm)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga (Kg)	R: L/d	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
									(Kg/cm²)	(Psi)
1	#1 NORMAL	19/10/20	0,96	8,70	21,10	59,90	8198,388	2,34	136,86	1946,62
			0,89	8,70	20,80					
			0,88	8,80	19,50					
REF. TM 12 N. 158 Observaciones _____  ING. JIMMY VERGARA SILVA MP 15202-130100 BYC DIRECTOR GLOBALCIVIL INGENIERIA S.A.S.										

Página 1 de 1	ENSAYO
NORMA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE GUADUA PARALELAS A LA FIBRA

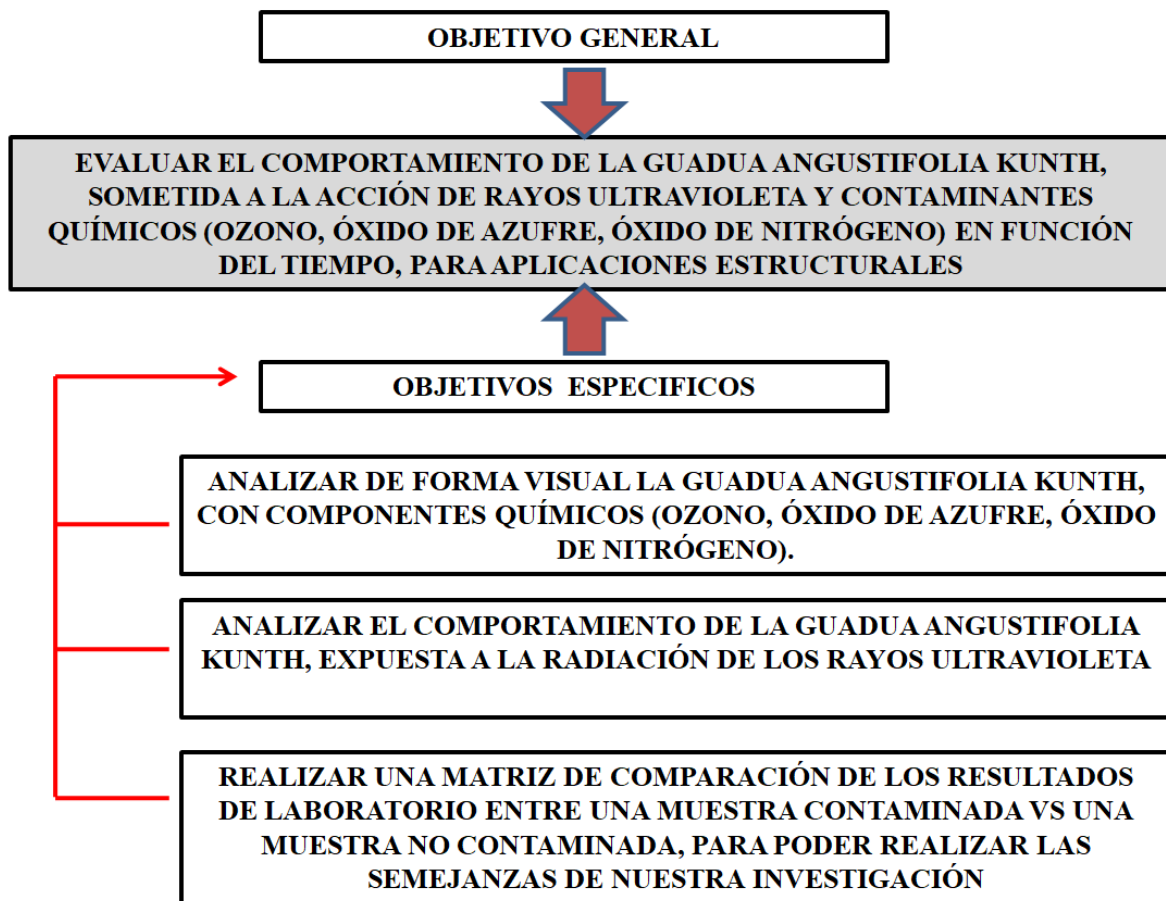
PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH, SOMETIDA A LA ACCIÓN DE RAYOS ULTRAVIOLETA Y CONTAMINANTES QUÍMICOS (OZONO, ÓXIDO DE AZUFRE, ÓXIDO DE NITRÓGENO) EN FUNCIÓN DEL TIEMPO, PARA APLICACIONES ESTRUCTURALES									
DIRIGIDO A :	INGENIERO JAIR RODRIGUEZ									
RESISTENCIA DE DISEÑO:										
FECHA:	20/10/2020									
Probeta N°	Tipo de Estructura	Fecha Rotura	Espesor (cm)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga (Kg)	R: L/d	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
									(Kg/cm²)	(Psi)
1	#1 No	19/10/20	1,08	8,20	19,90	51,53	5914,26	2,52	114,77	1632,46
			0,94	8,10	19,70					
			0,89	8,00	21,70					
REF. TM 12 N. 158 Observaciones  ING. JIMMY VERGARA SILVA MP 15202-130100 BYC DIRECTOR GLOBALCIVIL INGENIERIA S.A.S.										

Página 1 de 1	ENSAYO
NORMA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE GUADUA PARALELAS A LA FIBRA

PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH, SOMETIDA A LA ACCIÓN DE RAYOS ULTRAVIOLETA Y CONTAMINANTES QUÍMICOS (OZONO, ÓXIDO DE AZUFRE, ÓXIDO DE NITRÓGENO) EN FUNCIÓN DEL TIEMPO, PARA APLICACIONES ESTRUCTURALES									
DIRIGIDO A :	INGENIERO JAIR RODRIGUEZ									
RESISTENCIA DE DISEÑO:										
FECHA:	20/10/2020									
Probeta N°	Tipo de Estructura	Fecha Rotura	Espesor (cm)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga (Kg)	R: L/d	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
									(Kg/cm²)	(Psi)
1	#1 SO3	19/10/20	0,63	7,90	21,70	49,02	10186,803	2,74	207,82	2955,94
			0,87	7,80	21,50					
			0,80	8,00	21,70					
REF. TM 12 N. 158 Observaciones  ING. JIMMY VERGARA SILVA MP 15202-130100 BYC DIRECTOR GLOBALCIVIL INGENIERIA S.A.S.										

Anexos 3. Árbol de Objetivos

Figura 25. Árbol de Objetivos.



Fuente: Estructura árbol de problemas, Rodríguez González Jair, 2020.

Anexos 4. Cotización de ensayos Universidad Nacional Cámara de envejecimiento prematuro.

Laboratorio De Ingenieria Quimica <labiq_fiqbog@unal.edu.co>

para mí, jepaez99 ▾

Buen día Ing. Jair :

En atención a su solicitud, le informo que el horario de entrega de muestras es de 9 a.m. a 12 m y de 2 p.m. a 4 p.m.

Sí podemos hacer 100 horas de "Envejecimiento acelerado UV Norma ASTM G154- 12 a
Valor : \$256.8000.

Cordial saludo,

Martha

Jair Rodríguez González <jrodriguez52@ucatolica.edu.co>

para Laboratorio ▾

Buenos días

Queria saber desde cuando? y que horarios podemos llevar algunas muestra o miembros de Guadua para poder hacer el ensayo en la cámara de envejecimiento prematuro.

Gracias

ING.JAIR RODRIGUEZ G.

Código: 505352

Celular: 3102498608